

Taller de

# Sistemas Energéticos para la Práctica Deportiva

## INDICE TEMÁTICO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	Pág.	4
<b>ENERGÍA PARA LA ACTIVIDAD CELULAR</b>	Pág.	5
Origen de la energía en el cuerpo humano	Pág.	5
Calorías	Pág.	6
Qué es el ATP?	Pág.	6
Las enzimas	Pág.	7
<b>RESÍNTESIS DEL ATP / FOSFORILACIÓN</b>	Pág.	8
<b>FUENTES ENERGÉTICAS</b>	Pág.	9
Hidratos de Carbono	Pág.	9
Grasas	Pág.	10
Proteínas	Pág.	11
<b>BIOENERGÉTICA: PRODUCCIÓN DE ATP</b>	Pág.	12
Combustibles y Sistemas energéticos	Pág.	12
Metabolismo aeróbico y anaeróbico	Pág.	13
Sistemas energéticos y Metabolismos	Pág.	13
Combustible para los Sistemas Energéticos	Pág.	14
<b>SISTEMAS ENERGÉTICOS</b>	Pág.	15
<i>Sistema ATP-PC</i>	Pág.	15
<i>Sistema glucolítico</i>	Pág.	16
Qué es el Sistema Glucolítico y el Lactato?	Pág.	17
<i>El Sistema Oxidativo</i>	Pág.	19
Oxidación de la glucosa	Pág.	19
<i>Glucólisis</i>	Pág.	20
<i>Ciclo de Krebs</i>	Pág.	20
<i>Cadena de transporte de electrones</i>	Pág.	20
Oxidación de las grasas	Pág.	21
<i>Beta oxidación</i>	Pág.	15

Metabolismo de las proteínas	Pág.	22
<b>COMO APLICAR LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS AL ENTRENAMIENTO</b>	Pág.	27
Programar un Entrenamiento Eficaz	Pág.	27
<b>ENTRENAMIENTO AERÓBICO</b>	Pág.	28
El VO2 MÁX	Pág.	29
Cómo medir la intensidad del sistema aeróbico	Pág.	29
Qué es la fórmula KARVONEN?	Pág.	29
<b>ENTRENAMIENTO ANAERÓBICO</b>	Pág.	34
El umbral del lactato	Pág.	35
Cómo calcular la intensidad del entrenamiento anaeróbico		
<b>ADAPTACIONES METABÓLICAS AL ENTRENAMIENTO</b>	Pág.	39
Adaptaciones al entrenamiento aeróbico	Pág.	39
Adaptaciones al entrenamiento anaeróbico	Pág.	29
<b>HIPERTROFIA MUSCULAR</b>	Pág.	43
<b>CONCLUSION</b>	Pág.	44
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	Pág.	45

## INTRODUCCIÓN



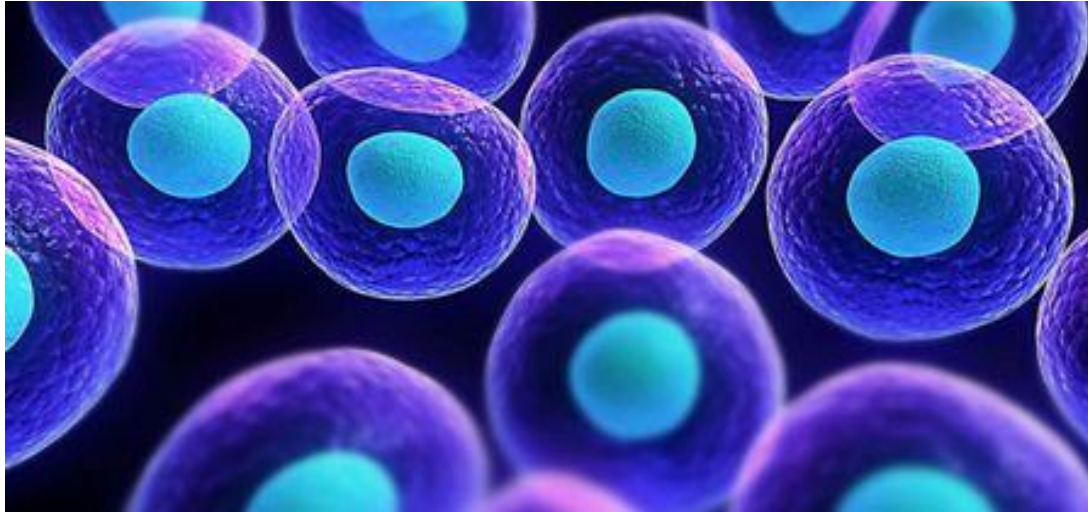
Como profesionales del ejercicio físico o del entrenamiento, muchas veces hemos encarado las prácticas corporales sin una base teórica que respalde lo que estamos haciendo. Ya sea porque no nos gusta lo teórico y preferimos lo práctico, u otros motivos similares, nos encontramos con poco fundamento para los entrenamientos que realizamos, y esto influye directamente en los resultados que obtenemos en las sesiones.

Este desconocimiento intelectual ha provocado que seamos poco eficientes a la hora de buscar objetivos, y hemos realizado mucho más esfuerzo por lograr resultados que nunca llegan, o llegan a través del tiempo a costo de lesiones y tiempo desperdiciado.

A lo largo de este material el objetivo es brindar a los profesionales del entrenamiento, una base teórica que sustente su práctica, y de esta manera poder ser más eficientes a la hora de lograr adaptaciones y alcanzar objetivos específicos. Esto sin dudas hará que mejore la práctica y aumente el rendimiento de nuestros entrenados.

Para ello consideramos fundamental el conocimiento de los diferentes sistemas energéticos, combustibles y metabolismos que actúan en nuestro organismo para la producción de energía.

## ENERGÍA PARA LA ACTIVIDAD CELULAR



Nuestro cuerpo siempre se encuentra en continuo movimiento y actividad. Ya sea para que los diferentes órganos actúen correctamente, para degradar alimentos, o para utilizar nuestros miembros para movernos y trasladarnos de un lugar a otro.

En todas estas ocasiones, el cuerpo necesita de energía para poder realizar los diferentes movimientos. Pero... ¿de dónde obtiene nuestro cuerpo energía para poder moverse?

La energía puede adoptar un cierto número de formas, tales como:

- Química
- Eléctrica
- Electromagnética
- Térmica
- Mecánica
- Nuclear

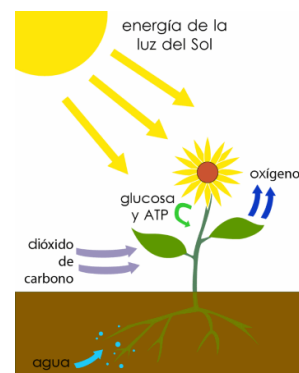
La energía sufre una degradación continua pasando de una forma a otra, convirtiéndose finalmente en calor. La energía no se crea ni se destruye jamás. Normalmente, entre el 60% y el 70% de la energía total del cuerpo humano se

degrada a calor. ¿Cómo emplea nuestro cuerpo la energía antes de que la misma alcance esta fase final?

¿Qué tipo de energía utiliza nuestro cuerpo?

### ORIGEN DE LA ENERGÍA DEL CUERPO HUMANO

Toda energía tiene su origen en el sol como energía lumínica. Las reacciones químicas en las plantas (fotosíntesis) convierten la luz en **energía química** almacenada. Este es el tipo de energía que utiliza nuestro organismo.



A su vez, nosotros obtenemos energía comiendo plantas, o animales que se alimentan de plantas. La energía se almacena en los alimentos en forma de:

- Hidratos de Carbono
- Grasas
- Proteínas

Estos componentes alimenticios básicos, llamados macronutrientes, pueden descomponerse en nuestras células para liberar energía acumulada.

## CALORÍAS

Puesto que toda la energía se degrada finalmente en calor, la cantidad de energía liberada en una reacción biológica se calcula a partir del calor producido. *La energía en los sistemas biológicos se mide en kilocalorías (Kcal).*

Así, se define **caloría** como la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua pura, desde 14,5 °C a 15,5 °C, a una presión normal de una atmósfera.

Una tableta de chocolate tiene más calorías que una manzana, de modo que proporciona más energía al cuerpo, aunque con las calorías no hay que excederse. Al igual que un coche almacena gasolina en el depósito hasta que la necesita para alimentar el motor, el cuerpo almacena calorías, principalmente en forma de grasa. Si llenamos demasiado el depósito de un coche, la gasolina rebosa y se derrama por el suelo. Del mismo modo, si una persona ingiere demasiadas calorías, estas “rebotan” y generan un exceso de grasa corporal.

Las demandas energéticas varían notablemente entre un individuo sedentario y otro que realiza algún tipo de actividad física o deporte. Así, nos podemos encontrar que frente a las 2500 kcal/día que necesitaría un individuo adulto sedentario, uno que practique alguna actividad física importante, podría llegar a necesitar unas

4000 kcal/día o más dependiendo del tipo de actividad y de la duración de la misma.

Las demandas energéticas varían con el tipo de actividad realizada y con el tiempo que se destina a la misma.

## ¿Qué ES EL ATP?

Cuando nos alimentamos, lo hacemos para que las células de nuestro organismo tengan energía suficiente para realizar sus funciones. Pero los alimentos que consumimos no se utilizan directamente para las operaciones celulares. En lugar de esto, en los enlaces de las moléculas de los comestibles, la energía se libera químicamente dentro de nuestras células, almacenándose luego en forma de un compuesto altamente energético llamado **adenosin-trifosfato (ATP)**

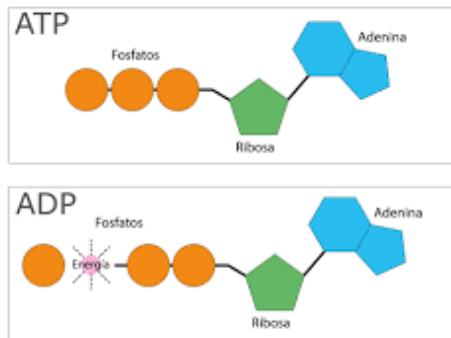
**El ATP (adenosín-trifosfato)** es la única forma utilizable de energía para la contracción muscular. La misma es una molécula, un nucleótido conformado por una base nitrogenada (adenina), un monosacárido de cinco carbonos, la pentosa **y tres fosfatos**.

Su fórmula es: Adenosina-PO<sub>3</sub>-PO<sub>3</sub>-PO<sub>3</sub>

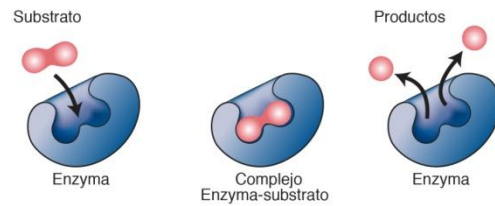
Su fórmula molecular es: C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>5</sub>O<sub>13</sub>P<sub>3</sub>.

En otras palabras, el ATP es el principal transportador de energía en los sistemas vivos.

Pero el ATP por sí solo, en esta unidad, no puede brindarnos energía. Para proveernos de energía, el ATP tiene que ser descompuesto. Esto sucede cuando se separa un radical de fosfato de la molécula. La separación del primer radical de fosfato convierte el ATP en **adenosindifosfato (ADP)**. Es en esa ruptura que se libera energía para la contracción muscular.



Mecanismo de la actividad de una enzima



¿Cómo se realiza la descomposición del ATP?

### LAS ENZIMAS

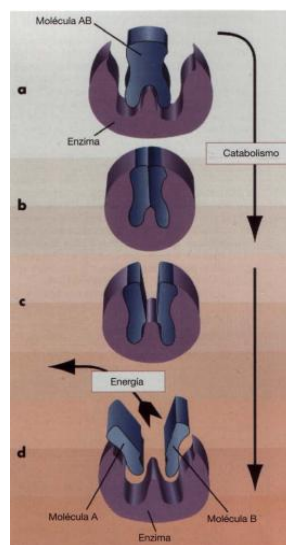
El rol de las enzimas es crucial en la descomposición de la molécula de ATP.

Las **enzimas son proteínas** “especialistas” y controlan TODAS las **reacciones químicas** de nuestro cuerpo. Hay enzimas en todo lo que está vivo. Se dice que son **catalizadores (descomponen)**, porque cada reacción química necesita una enzima para que se realice, es decir, todo lo que se transforma lo hace gracias a una enzima. Cada enzima actúa sobre una sustancia concreta, como una llave y una cerradura.

Aunque los nombres de las enzimas son muy complejos, todos acaban con el sufijo “asa”. Por ejemplo, una enzima importante que actúa sobre el ATP se llama **adenosintrifosfatasa (ATPasa)**

Las **ATPasas** son una clase de enzimas que catalizan la descomposición de ATP en ADP y un ion de fosfato libre. Esta reacción es exergónica ya que libera energía, que se utiliza en la mayoría de los casos para llevar a cabo otra reacción química acoplada a la reacción descrita.

El proceso que efectúa una ATPasa sobre una molécula de ATP también se denomina *desfosforilación*. Esta desfosforilación libera energía, que la enzima aprovecha para impulsar otras reacciones químicas que, de otro modo, no se podrían producir.



### RESÍNTESIS DEL ATP / FOSFORILACIÓN

El ATP que fue descompuesto en ADP necesita ser recompuesto en su forma

original de ATP para así seguir realizando esta descomposición sucesiva que brinda la energía que necesitamos.

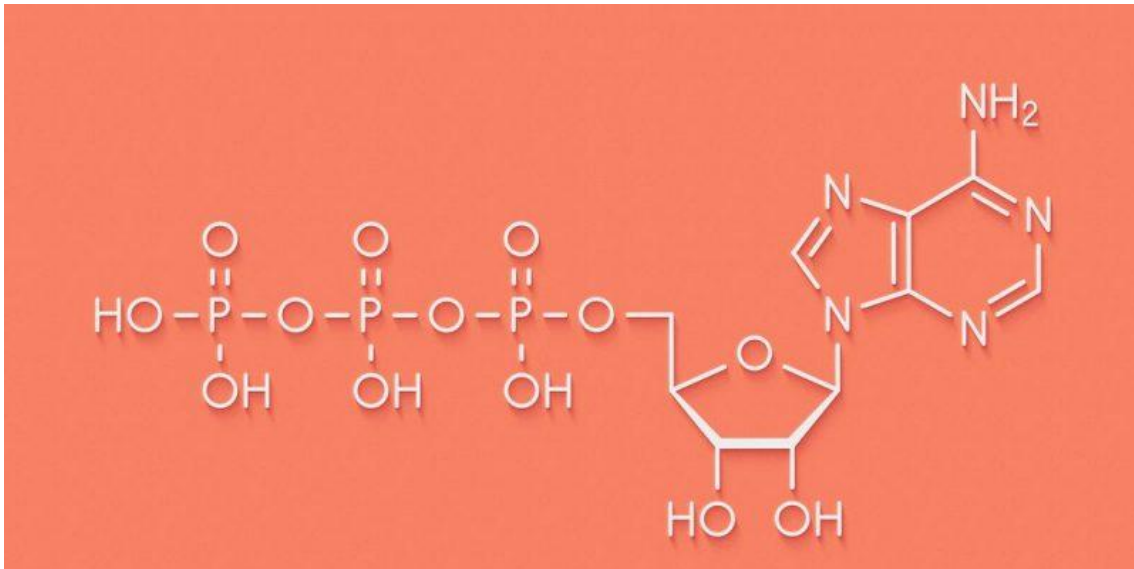
El proceso de resíntesis, en el cual se almacena la energía formando el ATP, recibe el nombre de *fosforilación*.

Mediante varias reacciones químicas, un grupo fosfato se añade a un compuesto

relativamente bajo en energía, el adenosindifosfato (ADP), convirtiéndose en adenosintrifosfato (ATP).

Para llevar a cabo este proceso, el organismo va a necesitar sistemas energéticos, y fuentes energéticas capaces de brindar la energía necesaria para realizar esa resíntesis.

A continuación nos vamos a observar cuáles son las principales fuentes energéticas de nuestro cuerpo.





## FUENTES ENERGÉTICAS



Como bien dijimos, el cuerpo va a obtener energía de tres macronutrientes principales: *los Hidratos de Carbono, las grasas y las proteínas*. Pero principalmente de los dos primeros, ya que las proteínas son utilizadas en última instancia como fuente energética, porque su principal función es ser un componente de construcción y reconstrucción de tejidos. Las proteínas son los ladrillos con los que se construye nuestro cuerpo, proporcionando poca energía para la función celular.

### HIDRATOS DE CARBONO

Los **Hidratos de Carbono (HC)** son una de las principales fuentes energéticas de nuestro cuerpo.

Estos carbohidratos son los azúcares, almidones y fibras que se encuentran en una gran variedad de alimentos como frutas, granos, verduras y productos lácteos.

Se llaman hidratos de carbono, ya que a nivel químico contienen carbono, hidrógeno y oxígeno.

Su función es proporcionar el combustible para el sistema nervioso central y la energía para los músculos.

Los HC se convierten en última instancia en **glucosa**, un monosacárido (azúcar de una sola unidad) que es transportado por la sangre a los tejidos activos, donde se metaboliza.

En reposo, la ingesta de hidratos de carbono es absorbida por los músculos y el hígado, luego se convierte en una molécula de azúcar mucho más

compleja: **glucógeno**. Éste se almacena en el citoplasma hasta que las células lo utilizan para formar el ATP. El glucógeno almacenado en el hígado, cuando se necesita, se convierte nuevamente en glucosa que es transportada por la sangre a los tejidos activos donde es metabolizada.

La cantidad de energía que puede aportar

Entonces, a modo de resumen:

- Los HC se convierten en última instancia en GLUCOSA para ser usados como fuente energética.
- Cuando el azúcar está en sangre recibe el nombre de GLUCOSA.
- Cuando el azúcar está almacenada en el hígado o músculos recibe el nombre de GLUCÓGENO.

Las reservas de glucógeno en el hígado y en los músculos son limitadas y pueden agotarse a menos que la dieta contenga una razonable cantidad de hidratos de carbono. Por lo tanto, dependemos fuertemente de nuestras fuentes dietéticas de almidones y azúcares para reponer nuestras reservas de hidratos de carbono. Sin una ingestión adecuada de ellos, los músculos y el hígado pueden quedar desprovistos de su principal fuente de energía.

## GRASAS

Las grasas son otras de las fuentes energéticas de nuestro cuerpo. Nuestro cuerpo acumula mucho más grasa que hidratos de carbono. Tal como se ve en la tabla 4.1, las reservas energéticas del cuerpo en grasas es mucho mayor que las de hidratos de carbono. Pero las grasas son menos accesibles para el metabolismo celular, porque primero deben ser reducidas desde su forma compleja (triglicéridos) a sus componentes básicos: glicerol y Ácidos Grasos Libres (A.G.L.) Sólo estos se utilizan para formar el ATP.

Tal como se ve en la figura 4.1 se obtiene sustancialmente más energía de una cantidad determinada de grasas (9 kcal/g) que la misma

cantidad de hidratos de carbono (4 kcal/g). No obstante, el ritmo de liberación de energía en estos compuestos es demasiado lento para satisfacer todas las demandas de energía de la actividad muscular intensa.

**TABLA 4.1** Reservas corporales de combustibles y de energía

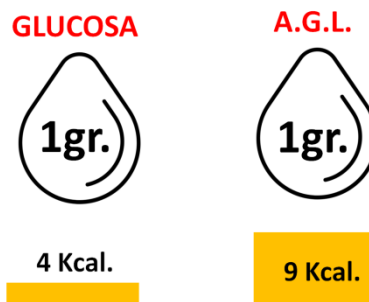
	g	kcal
<b>Hidratos de carbono</b>		
Glucógeno hepático	110	451
Glucógeno muscular	250	1.025
Glucosa en fluidos corporales	15	62
<b>Total</b>	<b>375</b>	<b>1.538</b>
<b>Grasa</b>		
Subcutánea	7.800	70.980
Intramuscular	161	1.465
<b>Total</b>	<b>7.961</b>	<b>72.445</b>

*Nota.* Estas estimaciones están basadas en un peso corporal medio de 65 kg con un 12% de grasa corporal.

Wilmore, Jack H. & Costill, David L. -  
 Fisiología del esfuerzo y del deporte (5ed) pág  
 117

Las reservas de hidratos de carbono en el hígado y en los músculos esqueléticos están limitadas a menos de 2.000 kcal de energía, o el equivalente de la energía necesaria para correr aproximadamente 32 km. Las reservas de grasa, no obstante, suelen superar las 70.000 kcal de energía acumulada.

Wilmore, Jack H. & Costill, David L. -  
 Fisiología del esfuerzo y del deporte (5ed) pág  
 117



## PROTEINAS

Las proteínas son los pilares fundamentales de la vida. Cada célula del cuerpo humano las contiene. La estructura básica de la proteína es una cadena de aminoácidos.

De entre todas las biomoléculas, las proteínas desempeñan un papel fundamental en el organismo. Son **esenciales para el crecimiento**, gracias a su contenido de nitrógeno, que no está presente en otras moléculas como grasas o hidratos de carbono. También lo son para las síntesis y mantenimiento de diversos tejidos o componentes del cuerpo, como los jugos gástricos, la hemoglobina, las vitaminas, las hormonas y las enzimas. Asimismo, ayudan a transportar determinados gases a través de la sangre, como el oxígeno y el dióxido de carbono, y funcionan a modo de amortiguadores para mantener el equilibrio ácido-base y la presión oncótica del plasma.

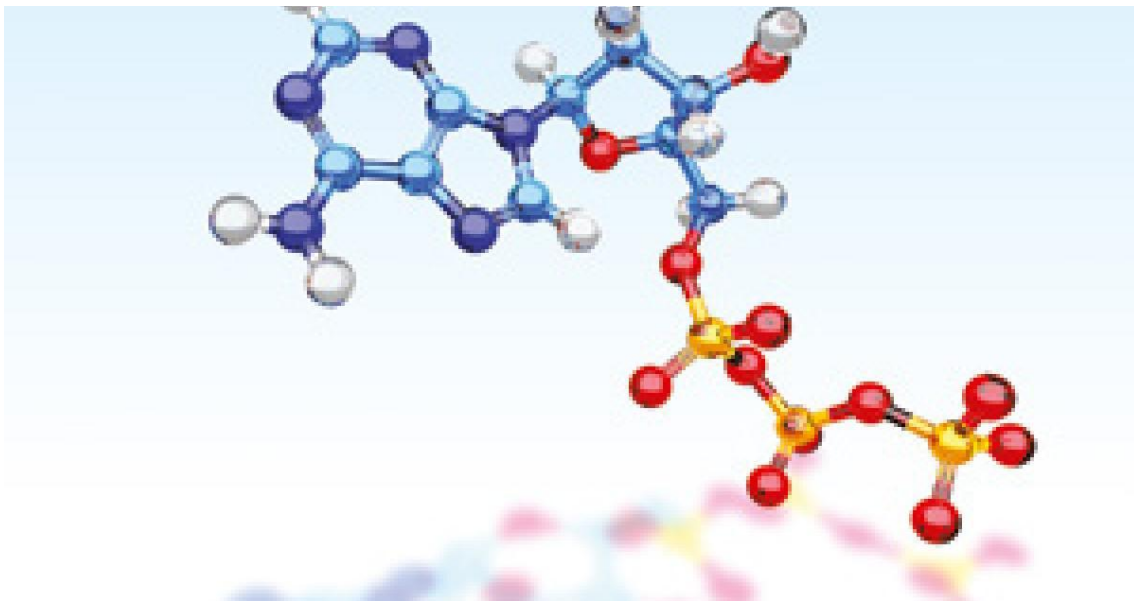
Bien habíamos mencionado que las proteínas son utilizadas en última instancia como fuente energética, porque su principal función es ser un componente de construcción y reconstrucción de tejidos. Son los ladrillos con los que se construye nuestro cuerpo, proporcionando poca energía para la función celular.

Las proteínas pueden aportar entre el 5% y el 10% de la energía necesaria para mantener un ejercicio prolongado. Sólo las unidades más básicas de las proteínas (los aminoácidos) pueden usarse para obtener energía. Un gramo de proteínas genera alrededor de 4,1 kcal.

- ▶ Entre el 60% y el 70% de la energía del cuerpo humano se degrada a calor. El resto se utiliza para trabajos mecánicos y actividades celulares.
- ▶ Obtenemos la energía de los alimentos: hidratos de carbono, grasas y proteínas.
- ▶ La energía que obtenemos de los alimentos se almacena en un compuesto altamente energético: el ATP.
- ▶ Los hidratos de carbono proporcionan aproximadamente 4 kcal de energía por gramo, comparados con las 9 kcal/g de las grasas. Pero la energía de los hidratos de carbono es más accesible. Las proteínas también pueden proporcionar energía.

Wilmore, Jack H. & Costill, David L. -  
Fisiología del esfuerzo y del deporte (5ed) pág  
118

## BIOENERGÉTICA: PRODUCCIÓN DEL ATP



### COMBUSTIBLES Y SISTEMAS ENERGÉTICOS

Ya hemos visto que para que se genere la energía para las contracciones musculares, la molécula de ATP debe descomponerse en ADP.

Pero continuamente el organismo necesita hacer la resíntesis del ADP en ATP para seguir generando energía.

A esa energía para la resíntesis, la va a obtener de los macronutrientes (HC, grasas y proteínas).

Estos van a ser reducidos a formas más simples para poder ser utilizados como COMBUSTIBLES.

Los **COMBUSTIBLES** que va a utilizar nuestro cuerpo son los siguientes:

- Fosfocreatina, o fosfato de creatina (PCr)
- Glucosa
- Ácidos Grasos Libres (A.G.L.)

Estos tres combustibles van a operar en tres **SISTEMAS ENERGÉTICOS** diferentes:

- El sistema ATP-PC
- El sistema **GLUCOLÍTICO**
- El sistema **OXIDATIVO**

Por medio de estos tres sistemas energéticos se va a producir la resíntesis del ATP.

En la fosforilación (resíntesis del ATP) se producen diversas reacciones químicas para que un grupo de fosfato se añada al ADP, convirtiéndolo en ATP.

Cuando estas reacciones químicas se producen sin oxígeno, el proceso recibe el nombre de **METABOLISMO ANAERÓBICO**.

Cuando estas reacciones químicas tienen lugar con la ayuda de oxígeno, el proceso global se denomina **METABOLISMO AERÓBICO**.

Antes de explicar el funcionamiento de cada uno de los sistemas energético, primeramente veremos de manera sencilla los dos tipos de metabolismo.

## METABOLISMO AERÓBICO Y ANAERÓBICO

El **metabolismo** es el conjunto de reacciones químicas que tienen lugar en las células del cuerpo para convertir los alimentos en energía.

El metabolismo se divide en dos procesos conjugados, el **catabolismo** y el **anabolismo**, que son procesos acoplados, puesto que uno depende del otro:

- Las reacciones **catabólicas** liberan energía; un ejemplo de ello es la glucólisis, un proceso de degradación de compuestos como la glucosa, cuya reacción resulta en la liberación de la energía retenida en sus enlaces químicos.
- Las reacciones **anabólicas**, en cambio, utilizan esa energía para *recomponer enlaces químicos* y construir componentes de las células, como las proteínas y los ácidos nucleicos.

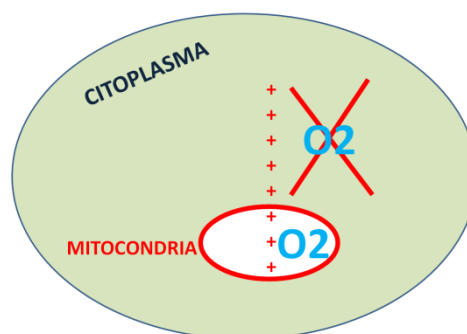
¿En qué parte de las células suceden estas reacciones químicas?

### METABOLISMO ANAERÓBICO:

- Sucede en el sarcoplasma (citoplasma de la célula muscular), es decir, *fuera de la mitocondria*.
- *No utiliza oxígeno* para realizar sus reacciones químicas.

### METABOLISMO AERÓBICO:

- Sucede *en la mitocondria* de la célula muscular.
- *Necesita de oxígeno* para realizar sus reacciones químicas.  
El término *aeróbico* significa “en presencia de oxígeno”.



De aquí nacen lo que conocemos como ejercicios aeróbicos y anaeróbicos.

Los **ejercicios anaeróbicos**, al no necesitar de oxígeno, van a ser de una intensidad alta pero de poca duración. Por el contrario, los **ejercicios aeróbicos** van a ser aquellos que se destacan por ser de una intensidad más baja pero de mayor duración, en el cual predomina la resistencia muscular.

## SISTEMAS ENERGÉTICOS Y METABOLISMOS

Los diferentes sistemas energéticos varían en cuanto a la utilización de oxígeno para realizar la resíntesis del ATP. Hay algunos sistemas que necesitan del O<sub>2</sub> y hay otros que prescindir del mismo.

Los sistemas energéticos que no utilizan oxígeno son:

- *El sistema ATP-PC*
- *El sistema GLUCOLÍTICO*

El sistema energético que necesita oxígeno para realizar su metabolismo es:

- *El sistema OXIDATIVO*

Justamente su nombre lo indica.

Por lo tanto podemos decir que los dos primeros tienen lugar fuera de la mitocondria, y este último dentro de la mitocondria.

### COMBUSTIBLES DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

Los combustibles que utilizan los diferentes sistemas energéticos varían.

A continuación mencionaremos los combustibles utilizados por cada sistema energético:

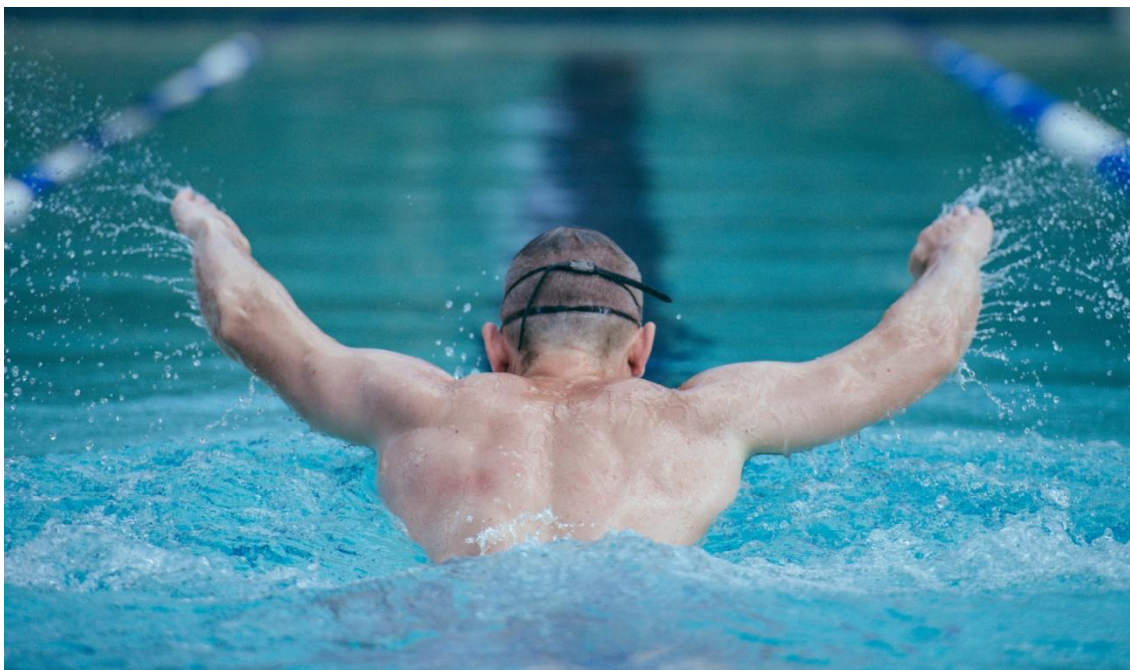
- El sistema *ATP-PC* utiliza *PC* (*fosfocreatina*)

- El sistema *GLUCOLÍTICO* utiliza *GLUCOSA*
- El sistema *OXIDATIVO* utiliza *GLUCOSA* y *A.G.L.*

En el siguiente cuadro veremos reflejado todos los sistemas, combustibles y metabolismos.

COMBUSTIBLE	SISTEMA ENERGETICO	DURACIÓN	METABOLISMO
PC	ATP-PC	20"seg	ANAEROBICO
GLUCOSA	GLUCOLITICO	2min	ANAEROBICO
GLUCOSA	OXIDATIVO	20min	AERÓBICO
A.G.L.	OXIDATIVO	más de 20min.	AERÓBICO

## SISTEMAS ENERGÉTICOS



### SISTEMA ATP-PC

El más sencillo de los sistemas energéticos es el sistema **ATP-PC**. Además del ATP, nuestras células tienen otra molécula de fosfato altamente energética que almacena energía. Esta molécula se llama **fosfocreatina o PC** (llamada también fosfato de creatina). Está formada por un átomo de Fosfato (P) y uno de Creatina (Cr). A diferencia del ATP, la energía liberada por la descomposición del PC no se usa directamente para realizar el trabajo celular. En vez de esto, reconstruye el ATP para mantener un suministro relativamente constante.

La liberación de energía por parte del PC o PCr, es facilitada por la enzima **creatincinasa (CK)**, que actúa sobre el PC para separar el Fosfato (P) de la Creatina (Cr). La energía liberada puede

entonces usarse para unir Pi a una molécula de ADP, formando el ATP. Con este sistema, cuando la energía es liberada por el ATP mediante la división de un grupo de fosfato, nuestras células pueden evitar el agotamiento del ATP reduciendo PC, proporcionando energía para construir más ATP.

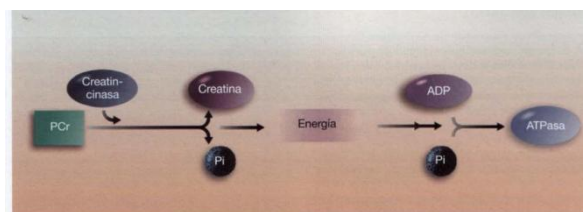


Figura 4.4 El ATP vuelve a formarse mediante el enlace de fosfato inorgánico (Pi) con adenosín difosfato (ADP o adenosina más dos fosfatos) y la energía derivada de la fosfocreatina (PCr).

Este proceso es rápido y puede llevarse a cabo sin ninguna estructura especial dentro de la célula.

Su metabolismo es Anaeróbico ya que no precisa de oxígeno. Y se dice que es un metabolismo ANAERÓBICO ALÁCTICO, porque no hay presencia de ácido láctico.

Este sistema energético es utilizado por el cuerpo para ejercicios de **intensidad elevada**, o máxima intensidad. El PC es un combustible altamente energético, pero así como se utiliza para ejercicios muy intensos, su duración es de sólo unos pocos segundos.

Se estima que el tiempo de duración del sistema ATP-PC, alcanza para abastecer un esfuerzo

máximo de entre 10 a 25 segundos aproximadamente, teniendo su punto máximo (potencia) entre los 3 y 6 segundos.

COMBUSTIBLE	SISTEMA ENERGETICO	DURACIÓN	METABOLISMO
PC	ATP-PC	20"	ANAEROBICO

El sistema ATP-PC va a tener predominancia en ejercicios que impliquen esfuerzos máximos y explosivos, como por ejemplo un esprint.



## ES LA **INTENSIDAD** LO QUE DETERMINA EL SISTEMA ENERGÉTICO, NO LA DURACIÓN.

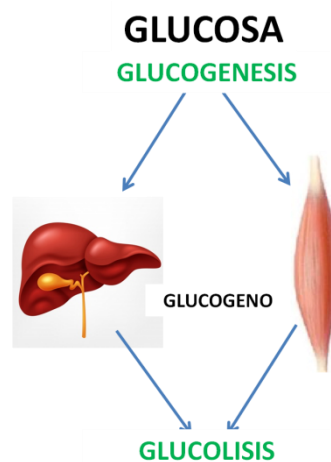
Por ejemplo: por más que realice un ejercicio de 10 segundos, eso no implica que el sistema energético utilizado haya sido el ATP-PC, porque si fue a una baja intensidad no se utilizó predominantemente el ATP-PC. Es la **intensidad** lo que me va a indicar que sistema utilicé.

Ahora bien, si quiero mantener un esfuerzo intenso por más tiempo, el PC no va a poder abastecer las demandas energéticas porque se va a agotar rápidamente. Es por eso que los músculos van a depender de otros sistemas energéticos para la formación de ATP: el glucolítico y oxidativo.

### EL SISTEMA GLUCOLÍTICO

Otro método de producción de ATP implica la liberación de energía mediante la descomposición (lisis) de la glucosa. Este sistema se llama **sistema glucolítico**, puesto que incluye el proceso de la **glucólisis**, que es la descomposición de la glucosa mediante las enzimas glucolíticas.

Podemos definir de una manera bien simple y sencilla que el proceso mediante el cual el organismo almacena la glucosa en el hígado o músculos, se llama **glucogénesis**. Y el proceso mediante el cual el organismo “va a buscar” el glucógeno almacenado para descomponerlo y obtener energía (ATP) se llama **glucolisis**.



**Glucogénesis:** Cuando se cancela la glucólisis debido a altos niveles de ATP en los tejidos, las



moléculas de glucosa remanentes se combinan en largas cadenas para formar **glucógeno**, la sustancia animal almacenadora de carbohidratos, digamos que el equivalente al almidón de las plantas. **Al proceso de fabricación del glucógeno se le llama glucogénesis.**

Antes de que la glucosa o el glucógeno puedan usarse para generar energía, deben convertirse en un compuesto llamado glucosa-6-fosfato. Una vez que se ha formado este compuesto, recién allí puede comenzar la glucólisis.

La glucosa necesita de una molécula de ATP para convertirse en glucosa-6-fosfato. El glucógeno, en cambio, su conversión la realiza a partir de glucosa-1-fosfato sin ese gasto energético.

La glucólisis produce al final **ácido pirúvico**. Este proceso no requiere oxígeno, pero el uso de oxígeno determina el destino del ácido pirúvico formado por la glucólisis. En este texto, al referirnos al sistema glucolítico, nos estamos refiriendo a los procesos de glucólisis cuando ocurre sin intervención de oxígeno. En este caso, el ácido pirúvico se convierte en ácido láctico.

La glucólisis requiere 10/12 reacciones enzimáticas para la descomposición del glucógeno en ácido láctico. Todas estas enzimas operan dentro del citoplasma de las células.

- 1 mol de **glucógeno** descompuesto gana 3 moles de ATP.
- 1 mol de **glucosa** descompuesto gana 2 moles de ATP, porque inicialmente se utilizó 1 mol de ATP para la conversión de glucosa en glucosa-6-fosfato.

Al final del proceso de la glucólisis obtenemos: 2 moléculas de ATP, 2 de NADH y 2 de Piruvato

Este sistema de energía no produce grandes cantidades de ATP. A pesar de esta limitación, las acciones combinadas de los sistemas ATP-PC y glucolítico permiten a los músculos generar fuerza incluso cuando el aporte de

oxígeno es limitado. Estos dos sistemas predominan durante los primeros minutos de ejercicio de intensidad elevada.

Es un sistema que se utiliza para ejercicios de **INTENSIDAD ALTA**, aunque como dijimos, su duración es poca.

Se estima que el sistema glucolítico alcanza a abastecer entre 1 y 3min de intensidad elevada, teniendo su punto máximo (potencia) entre los 30 y 50 segundos.

Forma parte del metabolismo ANAERÓBICO, y al tener presencia de ácido láctico se lo denomina **SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO**.

### ¿Qué ES EL ÁCIDO LÁCTICO y el LACTATO?

El ácido láctico y el lactato no son lo mismo aunque se parezcan.

El **ácido láctico**, como su nombre indica, es un ácido, mientras que el **lactato** es un metabolito producido durante la práctica deportiva, siendo la forma ionizada del ácido láctico.

El ácido láctico es el producto final de la glucólisis y el lactato es un producto secundario del organismo, y a la vez, combustible, siendo la base conjugada del ácido láctico; es un compuesto orgánico natural que se produce en todo momento, pero aumenta exponencialmente al realizar ejercicio intenso.

Si se realiza ejercicio intenso de forma mantenida en el tiempo, la propia vía glucolítica del organismo va a generar ácido láctico mediante la descomposición de carbohidratos.

La vía glucolítica genera una sustancia llamada **piruvato**, que al seguir descomponiéndose es la que genera energía.

El "problema" sobreviene cuando el piruvato no se descompone; las células musculares tratarán de sintetizarlo para obtener energía aeróbica, pero **cuando comienza a generarse más**

### **piruvato del que las células pueden procesar, se convierte en lactato.**

El lactato está presente en nuestro sistema mientras descansamos y mientras nos ocupamos con nuestras actividades cotidianas, aunque solo a niveles muy bajos. Mientras Ud. lee este documento, está produciendo lactato. Sin embargo, cuando incrementamos la intensidad de nuestro ejercicio o nuestras actividades de trabajo, se producen grandes cantidades de piruvato rápidamente. Debido a que el piruvato puede ser rápidamente producido, no todo es utilizado para energía aeróbica. **El exceso del piruvato se convierte en lactato.** Es por esta razón que el lactato es una señal tan importante para el entrenamiento. Cuando es producido, indica que la energía aeróbica es limitada durante la actividad.

Cuando hay grandes cantidades de lactato en las fibras musculares, se lo denomina **acidificación**, y puede traer consecuencias para el ejercicio físico, ya que la acumulación de lactato va a reducir la combinación del calcio de las fibras e impide de este modo la contracción muscular. El H<sup>+</sup> también puede inhibir la liberación de calcio y la recaptación del retículo sarcoplasmático ambos procesos implicados en la contracción muscular. Todo esto puede dar lugar a una disminución de la capacidad de contracción del músculo que puede causar una disminución importante en la fuerza máxima de contracción y una disminución de la máxima velocidad de acortamiento muscular y del rendimiento.

También va a bloquear la enzima fosfofructokinasa (PFK) que es quien forma ácido pirúvico, esta sustancia química que el organismo necesita para realizar la respiración celular. Esto genera que el cuerpo reduzca la intensidad del ejercicio o tenga que detenerse a causa de la fatiga que esto genera.

Si bien el lactato en exceso produce fatiga y hace que el nivel de intensidad tenga que reducirse, no debemos creer que es malo para nuestro organismo. De hecho, alrededor del 30% de toda la glucosa que utilizamos durante

el ejercicio se deriva del "reciclaje" del lactato en glucosa.

El lactato, no obstante, no es "estático", se acumula en el tejido que lo genera pero puede desplazarse para producir energía aeróbica en otros tejidos diferentes.

Se puede exportar a la sangre para su eliminación y para la obtención de energía en casi todos los órganos del cuerpo. Sin embargo, este proceso lleva tiempo (minutos), mientras que el lactato es producido de manera continua durante el ejercicio. Los atletas bien entrenados son muy eficientes y exportan menos lactato a la sangre a la vez que son capaces de eliminarlo en cantidades mayores, de manera inmediata en el propio músculo que está produciendo el lactato algo que lleva segundos o milisegundos. Esto es muy ventajoso ya que permite que los músculos contráctiles eliminen H<sup>+</sup> de una manera más rápida, así como un "reciclaje" del lactato más rápido para obtención de energía adicional (ATP) dentro de ese mismo músculo. Durante el ejercicio, el lactato se produce principalmente en las fibras musculares de contracción rápida que utilizan una gran cantidad de glucosa para la producción de energía y es eliminado principalmente por las fibras musculares de contracción lenta. Este es un proceso complejo que implica a diferentes transportadores y enzimas específicas del lactato. Las fibras de contracción rápida tienen un alto contenido de un transportador llamado MCT-4 (monocarboxilato-4) que transporta lactato fuera de estas fibras y las fibras de contracción lenta poseen un transportador llamado MCT-1, que toman el lactato al interior de estas fibras que luego es convertido en piruvato en la mitocondria de las fibras de contracción por una enzima llamada mLDH (lactato deshidrogenasa mitocondrial), para a continuación, finalmente, sintetizar ATP (energía).

### **RESUMEN Y CONCLUSION**

El lactato puede ser beneficioso o perjudicial para el rendimiento deportivo.

Cuando se encuentra en grandes cantidades y se produce la acidificación, va a generar fatiga, dolor, contracturas, etc.

Pero si el cuerpo está bien entrenado va a saber aprovechar la formación de lactato para convertirlo nuevamente en piruvato y así utilizarlo como fuente energética.

Por lo tanto vemos que es muy importante la presencia del lactato en nuestro cuerpo y debemos prestarle mucha atención, ya que un correcto entrenamiento puede ayudarnos a utilizar el lactato para beneficio de nuestro ejercicio, y no como un impedimento para el mismo.

Va a ser crucial el rol del entrenador para saber dosificar el entrenamiento.

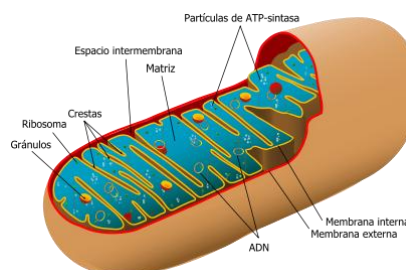
Ya desarrollaremos más adelante qué tipo de entrenamiento es clave para impedir la acidificación de las fibras musculares, y la importancia del umbral láctico, el VO<sub>2</sub> máx y el entrenamiento de resistencia.

## EL SISTEMA OXIDATIVO

El sistema final de producción de energía celular es el **sistema oxidativo**. Éste es el más complejo de los tres sistemas energéticos, pero trataremos de sintetizarlo para que sea más comprensible.

El proceso mediante el cual el cuerpo descompone combustibles con la ayuda de oxígeno para generar energía se llama: **respiración celular**.

Dado que se emplea oxígeno, éste es un proceso **AERÓBICO**. Esta producción oxidativa del ATP se produce dentro de organelas especiales de la célula: **las mitocondrias**. En los músculos son adyacentes a las miofibrillas y se hallan también distribuidas por el sarcoplasma.



Los músculos necesitan un aporte constante de energía para producir continuamente la fuerza necesaria durante las actividades de larga duración. A diferencia de la producción anaeróbica del ATP, el sistema oxidativo produce una tremenda cantidad de energía, por lo que el metabolismo aeróbico es el método principal de producción de energía durante las pruebas de resistencia. Esto impone considerables demandas a la capacidad del cuerpo para liberar oxígeno en los músculos activos.

El **SISTEMA OXIDATIVOS** utiliza predominantemente 2 combustibles:

- **GLUCOSA**
- **ÁCIDOS GRASOS LIBRES (A.G.L.)**

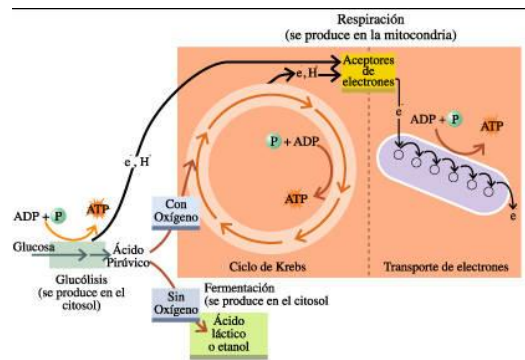
Y cada uno de estos combustibles va a tener su propio metabolismo en el sistema oxidativo.

Comenzaremos con la glucosa en el sistema oxidativa.

## OXIDACIÓN DE LA GLUCOSA

La producción oxidativa del ATP abarca tres procesos:

1. **Glucolisis**
2. **Ciclo de Krebs**
3. **Cadena de transporte de electrones**



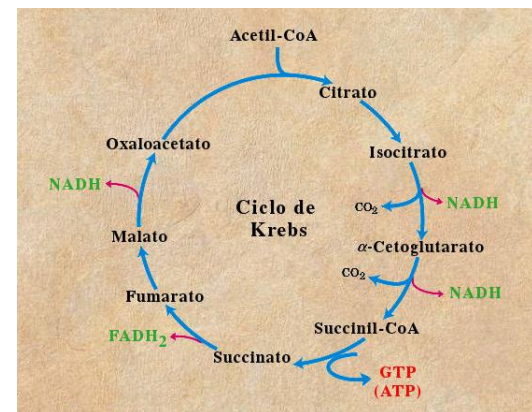
compleja de reacciones químicas que permiten la oxidación completa del acetil CoA. Al final del ciclo de Krebs se han formado 2 moléculas de ATP y el sustrato (el compuesto sobre el que actúan las enzimas – en este caso los hidratos de carbono originales –) se ha descompuesto en carbono y en hidrógeno. El carbono restante se combina entonces con oxígeno para formar dióxido de carbono. Este CO<sub>2</sub> se difunde fácilmente fuera de las células y es transportado por la sangre hasta los pulmones para ser espirado.

### 1. GLUCOLISIS

En el metabolismo de los hidratos de carbono, la glucólisis desempeña un cierto papel en la producción anaeróbica y aeróbica de ATP. El proceso de glucólisis es el mismo tanto si hay oxígeno como si no. La presencia de oxígeno determina solamente el destino del producto final: **el piruvato**.

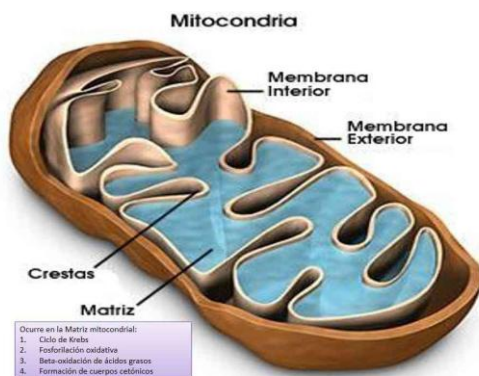
Recordemos que la glucólisis anaeróbica produce ácido láctico y solamente 3 moles de ATP por mol de glucógeno. No obstante, en presencia de oxígeno, el ácido pirúvico se convierte en un compuesto llamado **acetilcoenzima A (acetil CoA)**.

### Ciclo de Krebs



### 2. CICLO DE KREBS

Ocurre en la matriz mitocondrial.



### 3. CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRONES.

Tiene lugar en las crestas mitocondriales, lugar intermedio entre la membrana interna y externa de la mitocondria.

Durante la glucólisis, se libera hidrógeno mientras se metaboliza la glucosa, convirtiéndose en ácido pirúvico. Durante el ciclo de Krebs se libera más hidrógeno. Si permanece en el sistema, el interior de la célula se vuelve demasiado ácido. ¿Qué le sucede a ese hidrógeno?

El ciclo de Krebs va unido a una serie de reacciones conocidas como **cadena de transporte de electrones**. El hidrógeno liberado durante la glucólisis y durante el ciclo

Una vez formado, el acetil CoA entra en el **ciclo de Krebs** (ciclo del ácido cítrico), una serie

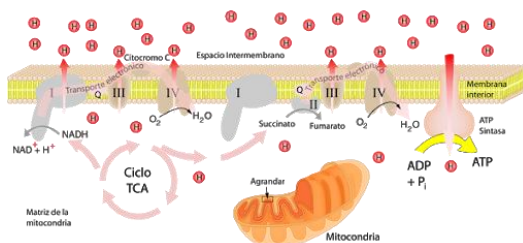
de Krebs se combina con dos coenzimas: NAD y FAD.

Entonces estas coenzimas, que son moléculas energéticas, quedan así: NADH y FADH.

Éstas llevan los átomos de hidrogeno hacia la cadena de transporte de electrones, donde se dividen en protones y electrones. Al final de la cadena, tras pasar por 4 complejos, el H<sup>+</sup> se combina con oxígeno para formar H<sub>2</sub>O agua, impidiendo así la acidificación.

La cadena de transporte de electrones tendrá lugar en la cresta mitocondrial, que queda dentro del espacio intramembranoso de la mitocondria, es decir, entre la membrana externa e interna.

Los electrones separados del hidrógeno pasan por una serie de reacciones, de aquí el nombre de cadena de transporte de electrones, y finalmente proporcionan energía para la fosforilación del ADP, formando así ATP. Puesto que este proceso precisa oxígeno, recibe la denominación de **fosforilación oxidativa**.



### SUMA DE CANTIDADES DE ATP PRODUCIDO:

Tras 1 ciclo de Krebs habíamos obtenido:

1 ATP

1 FADH

3 NADH

En la cadena de electrones 1 FADH nos aporta 4H<sup>+</sup> y 1 FADH nos aporta 6H<sup>+</sup>.

Cada 4H<sup>+</sup> obtenemos 1 ATP.

Por lo tanto por:

1 NADH = 2,5 ATP.

1 FADH = 1,5 ATP.

Entonces si sumamos nos quedaría:

1 FADH = 2,5 ATP

3 NADH = 7,5 ATP

Pero recordemos que en el proceso de la glucólisis hay un desdoblamiento del cual se obtienen 2 piruvatos, por lo tanto 2 ciclos de Krebs.

Entonces a todo esto hay que multiplicarlo por 2, obteniendo:

**2 ATP**

**2 FADH = 3 ATP**

**6 NADH = 15 ATP**

**TENEMOS UN TOTAL DE = 22 ATP**

Que surgieron del **ciclo de Krebs** utilizando la glucosa como combustible.

Ahora, si a todo esto le sumamos los ATP y NADH formados en la glucólisis y en la transformación de piruvato a Acetil CoA tenemos:

Glucolisis = 2 ATP + 2 NADH = **7 ATP**

Piruvato a Acetil CoA = 2 NADH = **5 ATP**

Y si esto lo sumamos al resultado anterior nos quedaría:

**7 ATP + 5 ATP + 22 ATP = 34 ATP**

En el proceso de Oxidación de los Hidratos de Carbono.

### OXIDACIÓN DE LAS GRASAS

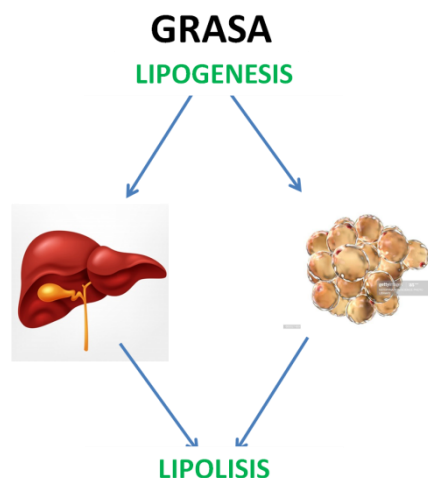
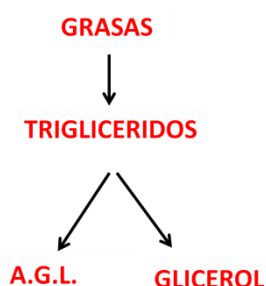
Tal como se ha indicado antes, las grasas también contribuyen a las necesidades energéticas de los músculos. Las reservas de glucógeno en el hígado y en los músculos pueden proporcionar solamente de 1200 a 2000 Kcal de energía, pero la grasa almacenada dentro de las fibras musculares y en nuestras células grasas pueden proporcionar entre 70000 y 75000 kcal.

Aunque muchos compuestos químicos (tales como los triglicéridos, los fosfolípidos y el colesterol) se clasifican como grasas, sólo los **triglicéridos** son fuentes energéticas importantes.

Los triglicéridos se almacenan en las células grasas y en las fibras musculares esqueléticas.

Para usar su energía, los triglicéridos deben descomponerse en unidades básicas: una molécula de glicerol y tres moléculas de **ácidos grasos libres**. Este proceso se llama lipólisis y lo llevan a cabo unas enzimas conocidas como lipasas. **Los ácidos grasos libres (AGL) son la fuente energética principal, por lo que centraremos nuestra atención en ellos.**

Una vez liberados del glicerol, los ácidos grasos libres pueden entrar en la sangre y ser transportados por el cuerpo, entrando en las fibras musculares por difusión. Su ritmo de entrada en las fibras musculares depende del grado de concentración. El aumento de la concentración de ácidos grasos libres en sangre los impulsa hacia las fibras musculares.



Las grasas se almacenan principalmente en el hígado y en el tejido adiposo, de donde se va a abastecer el cuerpo y va a hacer la lipólisis cuando necesite de energía.

## BETA OXIDACIÓN

La **beta oxidación** es un proceso catabólico (descomposición) en el que se tomará un grupo de AcilCoA (Ácido Graso + CoA) para conseguir una molécula de AcetilCoA, que recordemos, es la que necesita el organismo para comenzar el ciclo de Krebs y así producir energía.

Todo comienza con el Ácido Graso Libre. Éste no puede pasar por la membrana interna de la mitocondria, por lo que a través varios procesos catabólicos logrará ingresar en a la matriz mitocondrial en forma de AcilCoa.

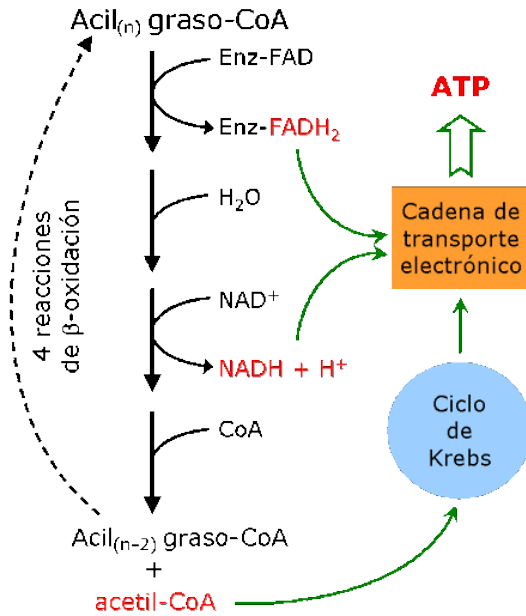
Aquí comienza la **beta oxidación**.

Recordemos que una molécula de AcetilCoA está formada por 2 átomos de carbono, por lo cual, si una molécula de AcilCoA tiene 16 carbonos, obtendremos la mitad de AcetilCoA, es decir, 8 moléculas de AcetilCoA. Por tanto tendremos 8 ciclos de Krebs.

Para que el AcilCoA llegue a ser AcetilCoA se requieren varias reacciones enzimáticas, en las cuales se van a formar por cada ciclo 1 FADH y 1 NADH. Cada ciclo comprende 4 reacciones químicas.

En una molécula de AcilCoA se producen 7 ciclos de beta oxidación, 1 numero menos de la cantidad de AcetilCoA producido.

Entonces ¿cuánto ATP se produce por la beta oxidación?



En 8 ciclos de Krebs obtenemos **80 ATP**.

Si sumamos ambos ciclos nos da un total de = **108 ATP**.

Pero en el comienzo de la beta oxidación se gastó un ATP, por lo que el resultado final de la oxidación de las grasas es:

$$28 \text{ ATP} + 80 \text{ ATP} - 1 \text{ ATP} = 107 \text{ ATP}$$

\*ACLARACIÓN: En algunos libros redondean el valor de FADH y NADH de la siguiente manera:

FADH = 1,5 ATP = redondean a 2 ATP

NADH = 2,5 ATP = redondean a 3 ATP

Por lo cual podrán ver resultados diferentes en la suma de ATPs. Pero lo correcto es otorgarles 1,5 y 2,5 respectivamente.

## METABOLISMO DE LAS PROTEINAS

Tal como se ha indicado antes, los hidratos de carbono y los ácidos grasos son los combustibles preferidos por nuestros cuerpos. Pero las proteínas, o más bien los aminoácidos que las forman, también son utilizadas. Algunos aminoácidos pueden convertirse en glucosa mediante el proceso llamado GLUCONEOGÉNESIS (Nueva creación de glucosa). Alternativamente, algunos pueden convertirse en varios productos intermedios del metabolismo oxidativo (tales como el piruvato o el Acetil CoA) para entrar en el proceso oxidativo.

La producción de energía a partir de las proteínas no se determina tan fácilmente como la de los hidratos de carbono o la de las grasas, porque las proteínas también contienen nitrógeno. Cuando los aminoácidos son catabolizados, una parte del nitrógeno liberado se usa para formar nuevos aminoácidos, pero el nitrógeno restante no puede ser oxidado por el cuerpo. En lugar de ello es convertido en urea y luego excretado, principalmente por la orina.

## CONTABILIZACIÓN DE ATP POR BETA OXIDACIÓN

Tomaremos como ejemplo un grupo de Ácidos Grasos de 16 carbonos.

Cuando se une a una CoA comienza el proceso.

Si tenemos 16 carbonos = 7 ciclos = 8 AcetilCoA = 8 Ciclos de Krebs.

En 7 ciclos obtenemos 7NADH y 7FADH, que luego irán a la cadena de transporte de electrones para la fosforilación oxidativa.

Por cada NADH son 2,5 ATP.

Por cada FADH son 1,5 ATP.

Por lo tanto en 7 ciclos de beta oxidación obtenemos **28 ATP**.

Dijimos también que se producen 8 ciclos de Krebs.

Por cada ciclo de Krebs se producen 10 ATP.

Esta conversión requiere el uso de ATP, porque se gasta algo de energía en este proceso.

Cuando las proteínas se descomponen mediante combustión en el laboratorio, la producción de energía es de 5,65 Kcal por gramo. No obstante, cuando son metabolizadas en el cuerpo, debido a la energía consumida en la conversión del nitrógeno e urea, la producción de energía es solo de 4,1 Kcal por gramo. Un 27,4% menos que el valor en el laboratorio.

Las proteínas van a ser utilizadas como combustible sólo en situaciones extremas en que el cuerpo requiera un aporte energético extra.

Pero recordemos que no es recomendable llegar al punto de utilizarlas como combustible ya que la principal función de las proteínas es la de construcción y reconstrucción de tejidos.

Tradicionalmente se creía que las proteínas contribuían poco a la producción de energía empleada durante el ejercicio. Pero las pruebas más recientes sugieren que, en los ejercicios que duran varias horas, la contribución de las proteínas a la producción de energía puede llegar hasta el 10% del total.



## ¿CÓMO APLICAR LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS AL ENTRENAMIENTO?



Al conocer el funcionamiento de los diferentes sistemas energéticos nos surge la pregunta: ¿Cómo llevo todo esto a la práctica?

Sin dudas la mayor preocupación de todo entrenador es lograr que sus deportistas alcancen sus objetivos de la mejor manera posible, y poder brindar ejercicios propicios para tales fines.

El conocimiento de los sistemas energéticos es clave en todo esto, y mucho más si hablamos de entrenamiento de resistencia.

Podríamos dividir el tipo de entrenamiento en 2 grandes grupos:

- Entrenamiento ANAERÓBICO
- Entrenamiento AERÓBICO.

Como bien hemos dicho, el primero es aquel en que no hay presencia de oxígeno, y se caracteriza por ser más explosivo y dinámico. Son aquellos movimientos que precisan de gran energía.

Si quisiéramos trabajar capacidades como: la fuerza, la resistencia anaeróbica y la velocidad, tendríamos que centrarnos en el entrenamiento anaeróbico.

Por otro lado, el metabolismo aeróbico se caracteriza por utilizar oxígeno, y es el entrenamiento aeróbico en el que nos tenemos

que centrar para alcanzar mayor rendimiento de resistencia por ejemplo.

Si bien hay infinitas áreas de entrenamiento y cosas diferentes a trabajar dependiendo la disciplina, la idea es brindar una base de conocimientos básicos para que el entrenador pueda aplicar en todo tipo de entrenamiento.

### **¿CÓMO PROGRAMAR UN ENTRENAMIENTO EFICAZ?**

- Conocer a la persona que va a ser entrenada.
- Buscar un objetivo.
- Identificar que tipo de sistema energético y metabolismo se utiliza para tal objetivo.
- Trazar una ruta o plan de entrenamiento progresivo para llegar a esa meta.

### **CONOCER A LA PERSONA QUE VA A SER ENTRENADA:**

Es necesario conocer a nuestros entrenados, si tienen alguna patología, algún mal hábito como fumar, consumir alcohol, alguna adicción. También conocer sus hábitos, si es sedentario, o activo; historia clínica: si tiene alguna enfermedad o tratamientos vigentes. Por ejemplo una persona diabética o alguien que tiene tendencia a la taquicardia.

Así mismo si es la primera vez que realiza ejercicio o ya hacía antes, con que frecuencia, etc.

Conocer a la persona es un paso súper importante que muchas veces no hacemos porque es cansador. Queremos pasar a la acción rápidamente y lo consideramos una pérdida de tiempo, pero tenemos que tener en cuenta que un ejercicio físico mal proscripto, y que no tiene en cuenta a la persona, puede resultar muy perjudicial y causar muchos daños.

Hoy en día se ve en gimnasios un entrenamiento generalizado, en que todo aquel que va recibe el mismo plan de entrenamiento, y no se conoce

sus hábitos, alimentación, patologías, etc. Esto es muy grave ya que se le podría estar recomendando algún ejercicio que resulte nocivo para su salud.

### **BUSCAR UN OBJETIVO:**

Una vez que conocemos a la persona podemos proceder en búsqueda de objetivos.

Estos pueden ser generales dependiendo el fin:

- Deportivo competitivo
- Para mantener el estado físico
- Estético
- Mejorar la salud

Una vez identificado el objetivo general seguimos con el objetivo específico que es lo que en última instancia quiere lograr la persona:

Ejemplos:

- Objetivo Deportivo Competitivo (atletismo); “pretendo lograr correr los 400m en menor tiempo sin tanta fatiga”.
- Para mantener el estado físico; “no me quiero cansar tanto cuando hago las actividades cotidianas”
- Estético; “quiero tonificar tal músculo” o “quiero perder peso”.
- Mejorar la salud; “quiero rehabilitarme de mi lesión”.

Así están los cientos y miles de objetivos que pueden traer nuestros entrenados, y nosotros debemos preguntarles porque sólo de esta manera podremos enfocarnos correctamente en la prescripción de ejercicios.

### **IDENTIFICAR SISTEMA ENERGÉTICO Y METABOLISMO A UTILIZAR:**

Este paso es muy importante. Aquí debo visualizar en qué sistema energético y metabolismo debo trabajar para que mi entrenado logre sus objetivos. Cuando logro identificar, sólo me queda trazar la ruta.

Para esto es que debo tener todos los conocimientos que venimos mencionando de sistemas energéticos, porque si como entrenador no visualizo cuál es el mejor sistema para lograr el objetivo, estaré dando puñetazos al aire y difícilmente alcanzaré los objetivos deseados.

Ejemplo:

- *“Quiero bajar de peso, o bajar la panza”*

Una de las causas del sobrepeso es la abundante cantidad de tejido adiposo. Esto se debe a una mala alimentación acompañada de sedentarismo y hábitos no saludables. Entonces además de recomendar ver a un especialista de nutrición, el entrenador deberá reconocer en qué sistema se utiliza como combustible principalmente los Ácidos Grasos Libres. Porque si se utilizan muchos Ácidos Grasos, el volumen del tejido adiposo se irá reduciendo.

Entonces el entrenador puede ver que los ejercicios de metabolismo aeróbico y con sistema oxidativo son los más propicios para utilizar grasas. Pero estas se utilizan en mayor medida cuando se han agotado las otras fuentes energéticas, el PC y la glucosa.

Entonces una vez identificado el sistema energético que debo utilizar, procedo a ver la manera más eficiente de hacerlo.

En este caso deberé hacer ejercicios en que vaya agotando las otras fuentes energéticas hasta utilizar predominantemente los AGL.

Pero en el camino puedo encontrarme con varios obstáculos, como por ejemplo la fatiga. Entonces debo prever la manera en que el cuerpo desarrolle más resistencia, y es a través del sistema aeróbico.

Por lo cual voy a ir desde esfuerzos menores a mayores, incrementando la intensidad y el tiempo paulatinamente, mientras va adaptándose el cuerpo al ejercicio.

Para ello es muy importante saber trabajar intensidades y conocer qué adaptaciones fisiológicas se logran a determinadas intensidades.

Y hay 2 temas que me parecen fundamentales conocer en cuanto a la programación del ejercicio.

Una es el consumo máximo de oxígeno, o VO<sub>2</sub>máx, y el otro es el umbral láctico.

## TRAZAR UNA RUTA O PLAN DE ENTRENAMIENTO



## ENTRENAMIENTO AERÓBICO



El entrenamiento aeróbico se caracteriza por el consumo de O<sub>2</sub> durante la actividad. La principal capacidad que se trabaja en este metabolismo es la RESISTENCIA.

Es por eso que nos parece fundamental que se entienda el concepto de Consumo Máximo de Oxígeno, o VO<sub>2</sub>máx, que será un indicador fundamental para graduar las intensidades en nuestro entrenamiento y poder obtener mejores resultados.

### EL VO<sub>2</sub> MÁX

El VO<sub>2</sub> máx. o consumo máximo de oxígeno, es una unidad de medida que se utiliza para saber cuánto oxígeno está consumiendo el cuerpo, y así se determina qué sistema energético predomina.

Cuando el sujeto está haciendo una práctica corporal y llega al límite máximo en capacidad

para incrementar el VO<sub>2</sub> máx; ese valor máximo se denomina capacidad aeróbica, consumo máximo de oxígeno. Se considera como la mejor medición singular de la resistencia cardiorrespiratoria y la capacidad aeróbica.

Es decir que cuando el organismo ya no puede incrementar la utilización de oxígeno, se considera que llegó al punto máximo de consumo de oxígeno, el VO<sub>2</sub>máx. Nos encontraríamos claramente en la capacidad aeróbica, porque es el límite de consumo de O<sub>2</sub> por parte de este metabolismo.

Es importante saber qué combustible consume más oxígeno, porque esto nos indicará en que sistema podemos desarrollar mejor nuestra capacidad aeróbica.

En general, la cantidad de oxígeno necesario para oxidar completamente una molécula de hidratos de carbono o de grasas es proporcional a la cantidad de carbono existente en dicho combustible. Por ejemplo, la glucosa (C<sub>6</sub> H<sub>12</sub> O<sub>6</sub>), contiene 6 átomos de carbono. Durante la combustión de la glucosa, se usan 6 moléculas de oxígeno para producir 6 moléculas de CO<sub>2</sub>, 6 moléculas de H<sub>2</sub>O y 38 moléculas de ATP.

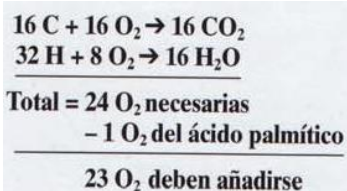


Evaluando cuanto CO<sub>2</sub> se libera en comparación con la cantidad de O<sub>2</sub> consumido, hallamos que la proporción de intercambio respiratorio es 1,0.

$$R = \dot{V}\text{CO}_2 / \dot{V}\text{O}_2 = 6 \text{ CO}_2 / 6 \text{ O}_2 = 1$$

R varía dependiendo del combustible que se utiliza para obtener energía.

Los AGL tienen considerablemente más carbono e hidrógeno, pero menos oxígeno que la glucosa. Consideremos el ácido palmítico (C<sub>16</sub> H<sub>32</sub> O<sub>2</sub>). Para oxidar completamente esta molécula dando CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, se necesitan 23 moléculas de oxígeno.



En última instancia, esta oxidación da como resultado 16 moléculas de CO<sub>2</sub>, 16 moléculas de H<sub>2</sub>O y 129 moléculas de ATP.

Aunque las grasas proporcionan más energía que los hidratos de carbono, se necesita más oxígeno para oxidar las primeras. Esto significa que el valor de R para las grasas es sustancialmente más bajo que para los hidratos de carbono. Usando el ácido palmítico, el valor de R es de 0,70:

$$R = \dot{V}\text{CO}_2 / \dot{V}\text{O}_2 = 16 / 23 = 0,70$$

Con esto podemos decir que con una cierta cantidad de O<sub>2</sub> podemos utilizar más glucosa

que AGL. Por eso el ritmo de liberación de energía es mayor en glucosa que en AGL.

Por ejemplo: con 23 moléculas de O<sub>2</sub> nos abastece para degradar 1 AGL, pero nos alcanza también para degradar 3,8 moléculas de glucosa.

Y 1 AGL degradado nos brinda: 128 ATP

Y 3,8 glucosa nos brinda (3,8 x 38ATP) = 144,4 ATP

Por lo tanto la misma cantidad de oxígeno nos brinda más energía si es utilizada para la degradación de glucosa.

Ahora bien, el ritmo de metabolismo de glucosa es muchísimo más rápido que el de los AGL, ya que estos últimos tienen que pasar primero por la Beta Oxidación que lleva más tiempo. Entonces, si el cuerpo utiliza glucosa como combustible, la demanda de oxígeno será mayor por la velocidad en que necesita reponerse el oxígeno. Por cada molécula individual de AGL se necesita más oxígeno y nos brindan más energía, pero también tardan más en llegar a producirse; entonces la glucosa hace ese proceso mucho más rápido, utilizando más combustible y oxígeno.

Un ejemplo de esto es la representación con automóviles.

Imagínese que en un lugar necesitan productos y hay 2 tipos de automóviles para llevarlos. Un auto deportivo y un camión.

La glucosa representa el automóvil deportivo, rápido, pero con un baúl chico, en el que no cabe mucho. Sólo 4 paquetes (4 kcal/por gramo). Pero tiene una velocidad muy grande, por lo que va y vuelve rápidamente para llevar muchas provisiones.

Los AGL son como camiones, más lentos pero llevan más paquetes, 9. (9 kcal/gr). Hasta que llegan al lugar demoran más, pero abastecen bastante. Si el dueño necesita paquetes de una manera rápida, no llamará al camión, sino al auto. Pero si necesita varios paquetes sin importarle la velocidad llamará al camión.

Es así que el auto de la glucosa provee menos cantidad pero a su vez en menor tiempo.

Esto nos indica que cuanto mayor sea el consumo de glucosa, mayor será la intensidad del ejercicio; y cuanto mayor sea el consumo de los AGL, menor será la intensidad.

Es por ello que se ha elaborado un índice de intensidad en base al porcentaje de %VO<sub>2</sub>máx, en el cual se puede observar que los porcentajes mayores coinciden con el combustible de la glucosa, y los menores con el de los AGL.

A continuación veremos un cuadro en el que indica intensidades y tiempos del metabolismo aeróbico.

SISTEMA ENERGÉTICO	
ATP - PC	POTENCIA ANAERÓBICA ALÁCTICA (4"-6")
	CAPACIDAD ANAERÓBICA ALÁCTICA (20")
GLUCOLÍTICO (Glucolisis Rápida)	POTENCIA ANAERÓBICA LÁCTICA (40" aprox)
	CAPACIDAD ANAERÓBICA LÁCTICA (2')
OXIDATIVO (Glucolisis Lenta) 85% - 100%	POTENCIA AERÓBICA = VO <sub>2</sub> MÁX (6/8')
	VO <sub>2</sub> MAX. CAPACIDAD 20'
OXIDATIVO (A.G.L.) 65% - 85%	SUPER AERÓBICO (20 a 40min)
OXIDATIVO (A.G.L.) 40% - 65%	SUB AERÓBICO (40 a +90min)

Centremos nuestra atención en las columnas del sistema OXIDATIVO, ya que nuestro interés en este momento está en el metabolismo aeróbico.

Podemos observar que mientras más se acerca al metabolismo anaeróbico, la intensidad comienza a aumentar, quedando dividido el metabolismo aeróbico en 3 partes:

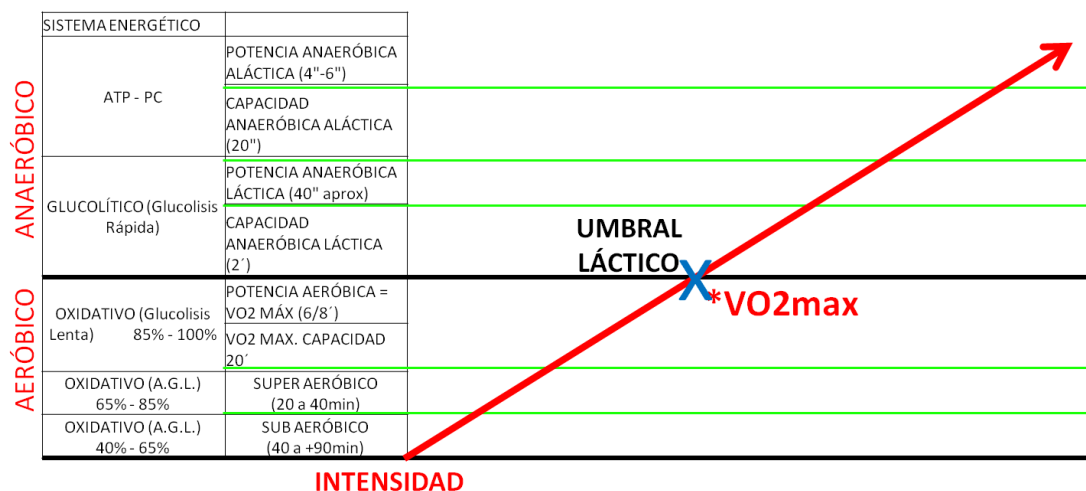
- **VO<sub>2</sub> máx:** entre 6/8 a 20 min, y una intensidad entre 85% y 100%.  
Ese 100% representa el punto máximo de consumo de oxígeno.
- **Super aeróbico:** entre 20 y 40 min, y una intensidad entre 65% y 85%
- **Sub aeróbico:** entre 40 y mas minutos, y una intensidad de 65% o inferior.

Trabajar cada una de estas intensidades nos proporcionará ADAPTACIONES que veremos más adelante, pero es importante remarcar que para poder trabajar en cualquiera de estas intensidades debemos llegar a cumplir con el TIEMPO E INTENSIDAD.

Por ejemplo si yo quiero trabajar lo SUPER AERÓBICO, tengo que trabajar entre un 65% y 85% de intensidad y entre 20 y 40 min. Si alguno de estos dos factores no está presente, no se considera que estoy trabajando lo súper aeróbico. Por ejemplo, si estoy trabajando a un 50% de intensidad y trabajo 30min; estoy cumpliendo con el rango de tiempo pero no de intensidad. O si trabajo al 70% pero sólo 15min, estoy trabajando a la intensidad correcta pero no en el tiempo adecuado.

Un buen entrenamiento irá "jugando" con la intensidad y el tiempo para ir subiendo paulatinamente hasta llegar al estado deseado.

Ahora bien, al tiempo es sencillo medirlo, pero ¿Cómo medimos la intensidad?



### ¿CÓMO MEDIR LA INTENSIDAD DEL EJERCICIO AERÓBICO?

Vulgarmente cuando hacemos ejercicio, solemos referirnos a porcentajes de intensidades para realizar ejercicio. La cuestión es que la mayoría de las veces ese porcentaje es subjetivo y lo decimos de acuerdo al grado de fatiga que nos representa.

Ahora bien, ¿hay alguna manera objetiva de medir ese porcentaje?

La respuesta es SI.

Entre tantos métodos para medir la capacidad de esfuerzo o el VO2máx, hay una manera que personalmente me parece muy sencilla y no necesitamos aparatología especial y sofisticada, sino que es una manera sencilla que cualquiera puede aplicar. Es la FORMULA KARVONEN.

### ¿QUÉ ES LA FÓRMULA KARVONEN?

La **fórmula de Karvonen** es una fórmula matemática que te ayudará a determinar tu zona de entrenamiento de ritmo cardíaco objetivo para poder programar tus entrenamientos en base a «zonas»

Estas zonas son las 3 que habíamos mencionado antes: VO2max, Súper aeróbico y sub aeróbico.

En esto podremos encontrar diferencias de acuerdo al autor o a la finalidad, algunos

mencionan que existen 5 zonas; nosotros utilizaremos las 3 mencionadas porque nos ayudará a enfocarnos bien en los sistemas energéticos y en las adaptaciones.

La fórmula de Karvonen **utiliza la frecuencia cardíaca máxima** y la **frecuencia cardíaca en reposo** en combinación con la intensidad de entrenamiento deseada para obtener una frecuencia cardíaca objetivo.

¿Qué significa esto? Pues que esta fórmula tiene en cuenta dos valores importantes de tu ritmo cardíaco para definir una determinada zona de entrenamiento.

La fórmula Karvonen te sirve para definir la cantidad de pulsaciones a las que tienes que correr para estar en «zona x».

Entonces, si quieres correr al 70% de tu frecuencia cardíaca máxima, bastará que hagas el cálculo que te mostramos más arriba y te mantengas en esas pulsaciones mientras corres.

Si por otra parte, quieres correr al 50% de tu fcmax, volverás a utilizar la fórmula de karvonen para establecer las ppm.

Saber en que zona estás, significa correr dentro de un determinado porcentaje de tu frecuencia cardíaca máxima y así buscar determinadas adaptaciones dentro de tu cuerpo.

### ¿CÓMO SE CALCULA?

Para poder calcular la intensidad a la que quieres trabajar utilizando la fórmula Karvonen, primero debemos obtener unos ciertos datos, como:

- Frecuencia Cardíaca Basal o en reposo
- Frecuencia Cardíaca Máxima

### **FRECUENCIA CARDÍACA BASAL O EN REPOSO (F.C.B. o F.C.R.):**

Por frecuencia cardíaca en reposo, **entendemos el mínimo pulso** que tiene una persona en estado consciente y despierto.

La **frecuencia cardíaca en reposo** oscila entre 50 y 100 latidos por minuto; la máxima suele estar en números superiores.

Una de las consecuencias del entrenamiento constante es una reducción de la frecuencia cardíaca en reposo.

Básicamente, cuanto más entrenado estás, menor será tu frecuencia cardíaca en reposo (tu corazón trabaja menos durante el día).

Para determinar correctamente la F.C. Reposo es **necesario medirla justo tras despertarse**, o tras 10 min. tendido en reposo, ayunas y sin haber realizado ejercicio intenso anteriormente.

Este **pulso en reposo** es sensible a la fatiga previa o la recuperación, por lo que para obtener un valor real, es conveniente no realizar entrenamientos de alta carga el día previo, y tomar la media de valores registrados durante tres días.

### **FRECUENCIA CARDÍACA MÁXIMA (F.C. MÁX)**

La frecuencia cardíaca máxima es el número máximo al que tu corazón puede latir sin colapsar y por ello existe una frecuencia cardíaca máxima para cada persona que depende de diversos factores (la edad, el tamaño físico del corazón, el calor, la hidratación, etc) y por ello puede variar considerablemente de una persona a otra.

La FCMax es un valor individual, determinado genéticamente y relativamente constante en el tiempo, que desciende ligeramente con la edad, disminuyendo de manera lineal a partir de la adolescencia.

Aunque existen otras fórmulas para medir la frecuencia cardíaca máxima, **la fórmula más conocida** es:  $FC_{max} = 220 - \text{tu edad}$  ( $FC_{max}$  = frecuencia cardíaca máxima); es decir si tienes 28 años tu FC max sería:  $(220 - 28 = 192)$ .

Para todos aquellos corredores que usan esta fórmula es importante que sepan que se ha demostrado que **puede llegar a ser muy imprecisa**.

La Fórmula de Tanaka, es un cálculo que tendría un poco más de precisión que la anterior.

Esta **fórmula para conocer la frecuencia cardíaca máxima** consiste en realizar el siguiente cálculo  $(208 - 0.7 \times \text{edad})$ .

Así, si eres un corredor de 20 años, tu frecuencia cardíaca máxima según la fórmula de Tanaka sería de 194, mientras que con la Fórmula de 220 sería de 200.

### **FÓRMULA DE KARVONEN**

**% de FCobjetivo =  $((FC_{max} - FC_{rep}) \times \% \text{intensidad}) + FC_{rep}$**

Así, **por ejemplo**, para saber cuál sería mis pulsaciones óptimas para una **intensidad del 70%** sólo tendría que sustituir por mis datos ( $FC_{max}$ : 194,  $FC_{rep}$ : 44) y el % de intensidad en tanto por uno:

$$FC \text{ al } 70\% = ((194 - 44) \times 0.7) + 44 = 149 \text{ ppm}$$

Ese valor obtenido de 149 pulsaciones por minuto sería el equivalente a trabajar al 70% de intensidad.

Haciendo ese cálculo con el resto de intensidades, sacamos nuestra tabla completa de zonas de entrenamiento por pulsaciones.



Hoy en día también existen numerosas calculadoras de Karvonen, en que solo pones tus datos y te realiza el cálculo sólo.

Esto nos sirve para regular intensidades durante el entrenamiento.

## ENTRENAMIENTO ANAERÓBICO



El entrenamiento anaeróbico se caracteriza por ser no prescindir de oxígeno para obtener energía, y por lo tanto los tipos de ejercicios son de alta intensidad, en los que se trabaja principalmente la fuerza y la velocidad; aunque también la resistencia anaeróbica.

### EL UMBRAL DE LACTATO

La fórmula Karvonen y los rangos de intensidad antes descriptos nos sirven fundamentalmente para dosificar el entrenamiento Aeróbico y trabajar capacidades físicas como la resistencia.

Cuando llegamos al 100% de intensidad, incluso un poco antes, entramos a lo que llamamos UMBRAL LÁCTICO, o también conocido como UMBRAL ANAERÓBICO.

Este es un punto de quiebre entre el metabolismo anaeróbico y aeróbico.

Si bien no es que a partir de un determinado momento el cuerpo pasa de un metabolismo a otro, se puede conocer por la intensidad del ejercicio y por la acumulación de lactato que se ha cambiado de metabolismo.

Es así que muchas veces los entrenadores se fijan mucho en el umbral de lactato para poder trabajar a intensidades altas sin que el cuerpo llegue a la fatiga.

Recordemos que el lactato, cuando se encuentra en grandes cantidades, causa un bloqueo de la enzima PFK y un detenimiento de la bomba de calcio. Lo que genera que el cuerpo no pueda

realizar más contracciones musculares y quede inhabilitado para seguir realizando ejercicio hasta que ese nivel de lactato disminuya.

Es así que este UMBRAL DE LACTATO es muy importante conocerlo, ya que cuando se llega a ese punto es contraproducente para el ejercicio. Por el contrario, cuando el deportista conoce su umbral de lactato le permite ir dosificando su esfuerzo para no llegar a esa extrema fatiga.

Incluso muchos entrenadores optan por trabajar por encima del umbral de lactato para lograr adaptaciones a la fatiga. Otros en cambio prefieren trabajar con diferentes tipos de adaptaciones que evitarán llegar a ese punto extremo de fatiga.

¿Qué es lo mejor? Ni uno, ni otro; todo depende del fin fisiológico que quiera lograr. Si pretendo lograr más un entrenamiento de resistencia, en mi opinión trabajaría en distintos porcentajes de VO<sub>2</sub> máx, pero sin llegar al umbral láctico. Así el cuerpo iría generando muchas adaptaciones propicias para la resistencia.

Si en cambio quiero trabajar la fuerza o velocidad, en ese caso sí me acercaría lo más posible al umbral láctico, ya que este me va a permitir desarrollar adaptaciones neuromusculares y proteicas favorables para el trabajo de fuerza.

## CÓMO CALCULAR LA INTENSIDAD DEL ENTRENAMIENTO ANAERÓBICO

Ahora bien, dijimos que el porcentaje de VO<sub>2</sub>máx sirve principalmente para dosificar la intensidad en ejercicios aeróbicos, con miras a mejorar la resistencia. Esta intensidad estaba directamente relacionada a la frecuencia cardíaca por minuto, y en base a eso podíamos determinar el porcentaje de intensidad.

Pero con los ejercicios anaeróbicos, la FC no es un buen parámetro para determinar qué sistema energético estoy utilizado, ni cuánta intensidad realizo.

Pondremos un ejemplo. Imagínese que tiene que levantar algo que tiene su mismo peso. A lo sumo lo puede levantar 1 o 2 veces y llega al fallo. Fue un ejercicio intenso de gran gasto energético, sin embargo su FC no se elevó mucho. Y esto es porque la FC está directamente relacionada con el aporte de O<sub>2</sub> al cuerpo, por lo cual el corazón necesita latir más rápido para abastecer las demandas de O<sub>2</sub> de todo el organismo. Mientras más intensidad aeróbica, con más rapidez latirá el corazón para llevar el oxígeno. Esto se lo denomina gasto cardíaco.

Cuanta mayor intensidad aeróbica, mayor gasto cardíaco.

Pero como vimos recién, un esfuerzo anaeróbico intenso no siempre significa un gran gasto cardíaco. Cuanto más nos acerquemos al umbral láctico mayor gasto cardíaco habrá, porque el organismo necesita con urgencia combustible para seguir realizando ejercicios de alta intensidad, y los combustibles que utiliza se agotan con rapidez, por lo cual se esfuerza mucho más el cuerpo por abastecerse de una fuente energética potente para mantener ese ejercicio intenso.

Recordemos que los combustibles predominantes en el metabolismo anaeróbico son el PC y la GLUCOSA. Teniendo como máxima capacidad entre los dos, unos 2/3 minutos.

Por lo tanto cuando estamos en el umbral láctico podemos decir que estamos en una capacidad del sistema glucolítico, y aproximadamente entre 2/3 min de intensidad máxima. Porque el PC ya se va haber agotado, y estaremos usando principalmente Glucosa en el sistema glucolítico. Como la capacidad del sistema glucolítico es de 2/3min entonces decimos que estamos en una capacidad anaeróbica láctica.

Esta capacidad anaeróbica láctica, que coincide con el umbral láctico, se lo denomina así porque es justamente con presencia de lactato, y el lactato se forma a partir de la glucosa en el metabolismo anaeróbico.

### ¿Cómo mido la intensidad del metabolismo anaeróbico?

Ya que la FC no es un parámetro, en lo que si nos centraremos es en la FUERZA y la VELOCIDAD.

La fuerza es la capacidad que tiene un músculo de contraerse para vencer una resistencia.

Podemos tener **fuerza máxima** o **sub máxima**.

La Fuerza Máxima es cuando el cuerpo utiliza todas las fibras musculares. La intensidad está dada por la carga.

La **FUERZA** puede ser *estática* o *dinámica*.

Si es *dinámica* puede ser concéntrica o excéntrica, es decir con movimiento, y la vamos a medir en base a las **Máximas Repeticiones**, que es precisamente la máxima capacidad de levantar un determinado peso hasta el fallo. Por ejemplo, si pretendo levantar una pesa y sólo la puedo levantar 5 veces, eso son 5 MR (Máximas Repeticiones). Pero si la levanto 5 veces, pudiendo haberla levantado varias veces más, entonces eso no es una máxima repetición, sino simplemente una Repetición.

Una Fuerza Máxima dinámica sería realizar sólo 1MR. Es decir sólo 1 repetición sin poder hacer 2.

Si la fuerza es *estática* es una contracción isométrica, es decir sin movimiento, y lo mediremos en base al **tiempo** máximo que soporta un peso. Ejemplo, si puedo levantar un determinado peso sólo por 10" segundos y no aguanto ni un segundo más, entonces esos 10" serán 10" máximos.

Una Fuerza Máxima Estática es mantener un peso hasta 3" seg máximo.

La Fuerza Sub Máxima es toda fuerza que está por debajo de la máxima. En el caso de las dinámicas, sería aquella fuerza que puedo realizar a partir de 2MR en adelante. Y en el caso de la fuerza estática, la que puedo realizar más de 3"seg máximos. Siempre recordemos

que hablamos de repeticiones o segundos máximos, es decir hasta el fallo.

La **VELOCIDAD** es más complicada de medir objetivamente, porque la intensidad de la velocidad varía según la persona. Por eso en este caso sería subjetivo, hablando de porcentajes de velocidad. Por ejemplo, si alguien trabaja al 100% de la velocidad, sería una velocidad máxima; un 80% ya sería algo menor pero igualmente intenso. Así cada uno trabajará a la velocidad que le represente esa intensidad.

Tenemos 2 tipos principales de velocidad: potencia y explosiva.

La *Potencia* se define desde el punto de vista Biomecánico como la fuerza aplicada en velocidad de movimiento. La *explosividad* como los saltos, lanzamientos o impactos, están definidos como la velocidad en la que un jugador deja el suelo y eleva su centro de gravedad y/o al golpear, le imprime a un elemento.

Sin embargo, a pesar de ser la velocidad un factor más subjetivo, utilizaremos el concepto de Velocidad Máxima como referencia al 100% de intensidad de velocidad realizada. Y las mediciones las realizaremos de acuerdo a cuánto tiempo podremos mantener ese porcentaje de velocidad. Eso nos ayudará a determinar el sistema energético empleado.

Por ejemplo: si mantenemos 20" estaremos trabajando en el sistema ATP-PC predominantemente, ya que ésta es su capacidad. Si el atleta sigue realizando máxima velocidad ya pasará a sistema glucolítico hasta los 2/3min aproximadamente.

Cuando se trata de medir la intensidad de la fuerza tenemos 2 factores para determinar la intensidad anaeróbica: *el tiempo y las máximas repeticiones* (MR).

En base a la cantidad de segundos o máximas repeticiones respectivamente, obtendremos un porcentaje de intensidad anaeróbica, que nos

servirá para determinar qué sistema energético estamos utilizando.

Para poder trabajar la fuerza es imprescindible conocer el 100% de intensidad, que sería igual a = 1RM (Repetición Máxima). En base a ese 100% podremos obtener los siguientes porcentajes de intensidades y así poder dosificar el entrenamiento para poder generar las adaptaciones que se pretende lograr.

En los planes serios de entrenamiento, la fuerza viene medida en % de RM o “repetición máxima”. Por ejemplo, 70% de una RM de 68kg viene a ser 47kg aproximadamente. Estos porcentajes deben tratarse como referencia. El n° de series, la fatiga previa, el tipo de ejercicio,... condicionan que estos porcentajes puedan variar pero son una excelente referencia para evitar excesos y defectos en el estímulo del entrenamiento. Cómo conocer nuestra máxima RM es, pues, una obligación si queremos entrenar con rigor. Averiguar estos datos debería ser un test tan obligatorio como los vatios en ciclismo o el umbral anaeróbico en fondo, además de periódico.

Hay dos métodos para poder conocer esa tan ansiada RM: *el método directo y el método indirecto*.

Los *métodos indirectos* son formas de estimar esa RM sin tener que llegar a hacer el esfuerzo que conlleva el test directo, para el cual hay que estar muy preparado física y mentalmente. Hay diversas fórmulas diseñadas por diferentes autores. Algunas están validadas en el tren inferior, otras en el superior o para mujeres. En estos casos se estima la RM en función del n° de veces que se haya levantado un peso bajo ciertas condiciones. Os dejo algunas de las más importantes:

- **Brzycki**: % 1RM = peso / (1,0278 – (0,0278 x n° reps))
- **Lander**: % 1RM = peso / (1,013 – (0,0267123 x reps))
- **O’Connor**: % 1RM = 0,025 x (peso x reps) + peso
- **Epley – Welayday**: % 1RM = (peso x 0,0333 + reps) + peso

Autor(es)	Ecuación (1RM es el resultado a averiguar)
Epley (1985), Welayday (1988)*	1RM= Peso levantado test · (1+(0.033 · N° reps hasta fallo)) <i>Bastante precisa cuando: 10 &lt; N° reps hasta fallo &lt; 15</i>
Lander (1985)*	1RM= $\frac{100 \cdot \text{Peso levantado test}}{101,3 - (2,67123 \cdot \text{N}^\circ \text{ reps hasta fallo})}$
O’Conner et al. (1989)	1RM= 100 · Peso levantado test · (1+0,025 · N° reps hasta fallo)
Lombardi (1989)	1RM= Peso levantado test · (N° reps hasta fallo) <sup>0.10</sup>
Mayhew et al. (1992)	1RM= $\frac{100 \cdot \text{Peso levantado test}}{52,2 + 41,9 \cdot e^{-0,055 \cdot \text{N}^\circ \text{ reps hasta fallo}}}$
Brzycki (1993)*	1RM= $\frac{\text{Peso levantado test}}{1,0278 - (0,0278 \cdot \text{N}^\circ \text{ reps hasta fallo})}$ <i>La más precisa cuando N° reps hasta fallo ≤ 10</i>
Wathen (1994)	1RM= $\frac{100 \cdot \text{Peso levantado test}}{48,8 + 53,8 \cdot e^{-0,075 \cdot \text{N}^\circ \text{ reps hasta fallo}}}$
LeSuer et cols. (1997)	1RM= 100 · Peso levantado test · (48,8+53,8 · e <sup>-0,75 · N° reps hasta fallo</sup> )

Consideramos que la más precisa de estas fórmulas es la de Brzycki, aunque consideramos también muy buena la de Epley y Welayday. De igual manera veremos que las diferencias alcanzadas son muy pequeñas, y mientras menos MR se hagan en el test, más preciso será el resultado; por lo cual está recomendado hacer el test con un peso que sea entre el 65% y 85% del peso corporal.

Veamos un ejemplo:

Una persona realiza 8 repeticiones al fallo (**6RM**) con **80 kg** en sentadilla.

Aplicando la fórmula de **Brzycki** tendríamos:

$$80\text{Kg} / (1,0278 - (0,0278 \times 6\text{RM})) = \mathbf{92,91\text{Kg}}$$

representa 1RM

Aplicando la fórmula de **Epley – Welayday** tendríamos:

$$(80\text{Kg} \times 0,0333 + 6\text{RM}) + 80\text{Kg} = \mathbf{95,98\text{Kg}}$$

representa 1RM

Luego que ya tenemos el 100% = 92,91Kg, sólo nos queda utilizar la siguiente tabla con el índice o coeficiente de Brzycki para reemplazar valores y así obtener la cantidad de peso ideal par x RM.

Ejemplo:

Si quiero trabajar a 12 RM, sólo tengo que hacer el siguiente cálculo:

$$12MR = 100\% \text{ Kg x índice de Brzycki}$$

$$12MR = 92,91\text{Kg} \times 0.6942$$

$$12MR = 64,49\text{Kg.}$$

Así podemos realizar este mismo procedimiento con cada valor.

La siguiente tabla es muy parecida a la anterior pero con formato diferente. Los resultados obtenidos son iguales.

Cantidad de Repeticiones hasta el fallo	Porcentaje de la Fuerza Máxima
1	100 %
2	97,22 %
3	94,44 %
4	91,58 %
5	88,88 %
6	86,10 %
7	83,32 %
8	80,84 %
9	77,78 %
10	74,98 %
11	72,20 %
12	69,42 %
13	66,64 %
14	63,68 %
15	61,08 %

### ¿Cómo programar entrenamientos en base a este cuadro y objetivos?

Dependiendo el objetivo que queramos lograr, va a ser la intensidad a la que apuntemos

Nº DE REPETICIONES	ÍNDICE DE BRZYCKI
2	0'9722
3	0'9444
4	0'9166
5	0'8888
6	0'8610
7	0'8332
8	0'8054
9	0'7776
10	0'7498
11	0'7220
12	0'6942
13	0'6664
14	0'6386
15	0'6108

Índice de Brzycki (adaptada de Brzycki, M., 1993)

trabajar. Los beneficios o *adaptaciones* al entrenamiento lo veremos con detenimiento en la siguiente sección, pero haremos una breve recomendación para saber cómo llegar a objetivos.

Primeramente lo que tenemos que hacer es localizar un punto al que quisiéramos lograr, ejemplo 6MR

El deportista puede realizar con un determinado peso 6MR, y podríamos trabajar directamente con ese peso, o por el contrario ir progresivamente incrementando peso y cantidad de repeticiones. Así el organismo irá sufriendo adaptaciones de a poco y no tan estrepitosamente, lo que puede causar lesiones por falta de soporte estructural o energético.

### ¿Qué nos representa este cuadro en cuanto a sistemas energéticos?

Aproximadamente desde el 85% al 100% estamos utilizando predominantemente el sistema ATP-PC.

El resto de los porcentajes coincidirá con el sistema GLUCOLITICO.

Esto se debe principalmente a la capacidad de cada sistema. Recordemos que el sistema ATP-PC tiene una capacidad de +/-20" segundos, lo que representaría un aproximado de 6MR. Luego ya estaría agotado el PC como combustible, dando lugar a la glucosa como combustible.

### ¿Para qué nos sirve conocer en qué sistema energético estamos trabajando?

Aquí entra un tema muy importante que debe conocer todo entrenador: las ADAPTACIONES METABOLICAS AL ENTRENAMIENTO.

Lo siguiente que haremos es observar con detenimiento cuales son los beneficios que obtenemos al trabajar en cada sistema, y esto nos servirá para poder alcanzar de mejor manera nuestros objetivos en el entrenamiento.

## ADAPTACIONES METABOLICAS AL ENTRENAMIENTO



A continuación analizaremos las adaptaciones que se producen dentro de los músculos y en los sistemas energéticos que nos permiten una utilización más eficaz de la energía. Examinaremos los efectos del entrenamiento *aeróbico y del anaeróbico* y consideraremos cómo podemos optimizar las mejoras que alcanzamos con estos tipos de entrenamiento.

### ADAPTACIONES AL ENTRENAMIENTO AERÓBICO

En el entrenamiento de resistencia el cuerpo experimenta múltiples adaptaciones. Éstas ayudarán a que el cuerpo cada vez experimente menos fatiga.

Si bien los resultados del entrenamiento aeróbico pueden ser parecidos, recordemos que existen diferentes intensidades a la cual podemos entrenar este metabolismo.

De acuerdo a la intensidad del entrenamiento podríamos separar los tipos de adaptaciones en 2 grandes grupos:

- Adaptaciones Centrales
- Adaptaciones periféricas

Y a su vez hay adaptaciones que son comunes a todo el entrenamiento aeróbico. Éstas surgen como consecuencia a las adaptaciones anteriores. Podemos llamarlas: adaptaciones generales.

#### ADAPTACIONES CENTRALES:

Las adaptaciones centrales son el resultado de un entrenamiento de VO<sub>2</sub>máx o Súper Aeróbico, es decir entre un 65% y 100% de intensidad. Estamos hablando de un entrenamiento aeróbico de alta intensidad.

Las adaptaciones se producirán principalmente en el corazón, pulmones y SNC.

Algunas de estas adaptaciones son:

- Aumento del tamaño del corazón
- Volumen Sistólico
- Captación alveolar

### Tamaño del corazón:

En respuesta a la mayor demanda de esfuerzo, el peso y el volumen del corazón y el grosor de la pared del ventrículo izquierdo, así como el tamaño de la cámara, aumentan como resultado del entrenamiento de resistencia. El músculo cardíaco, al igual que los músculos esqueléticos, experimentan hipertrofia como resultado del entrenamiento de resistencia.

El ventrículo izquierdo, la cámara cardíaca que realiza el trabajo más duro, es el que experimenta los cambios más grandes. El grosor de la pared miocárdica aumenta con el entrenamiento de resistencia. Esto hará que el corazón bombee con más fuerza, generando menos esfuerzo cardíaco. El oxígeno y los combustibles llegarán mucho más rápido a las fibras musculares sin necesidad de que el corazón realice muchas contracciones. Por lo

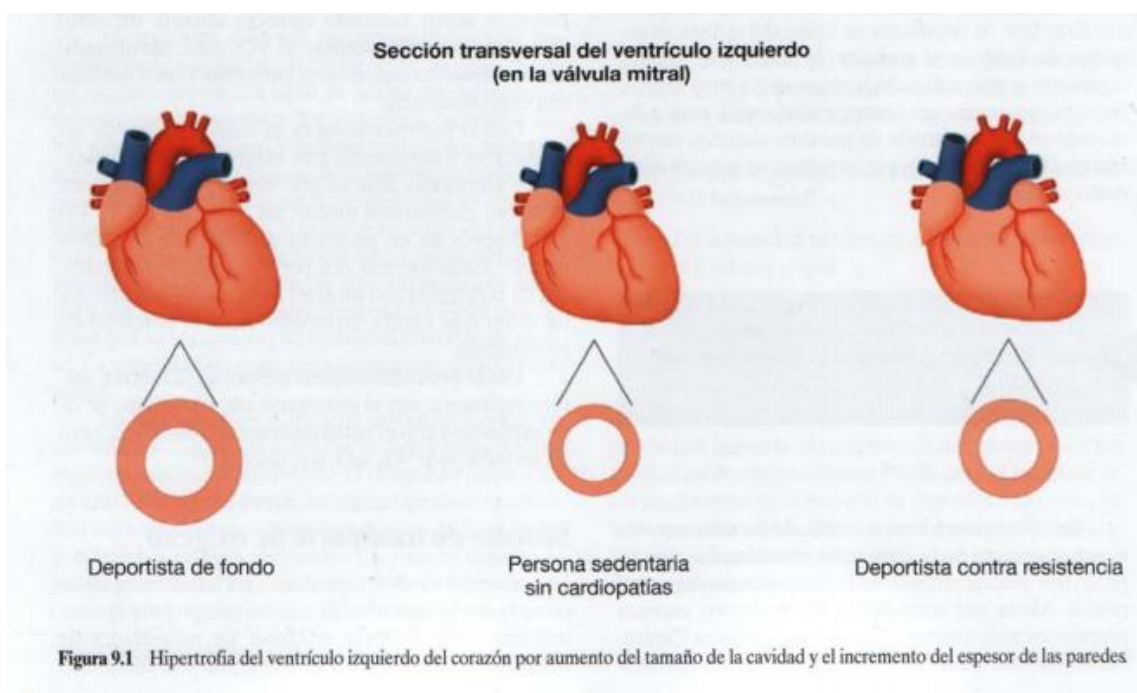
tanto ayudará a que la FC se reduzca.

### Volumen Sistólico:

Como consecuencia del entrenamiento de resistencia, el volumen sistólico (VS) muestra un incremento global. El volumen sistólico en reposo es sustancialmente más alto después de un programa de entrenamiento de resistencia que antes del mismo.

Después del entrenamiento el Ventrículo Izquierdo se llena de forma más completa durante la diástole de cómo lo hace un corazón no entrenado. Una masa ventricular mayor puede producir una contracción más energética. Esta mayor contractilidad hará que el volumen sistólico final (VSF) se reduzca porque habrá una mayor cantidad de sangre expulsada del corazón durante las contracciones más vigorosas, dejando menos sangre en el ventrículo izquierdo después de la sístole.

Esta mayor contractilidad, junto con el mayor retroceso elástico resultante del mayor llenado diastólico, incrementa la fracción de eyección en el corazón entrenado. Entra más sangre en el ventrículo izquierdo, y un mayor porcentaje de lo que entra es expulsado con cada contracción,





por lo que el volumen sistólico se incrementa.

### Captación Alveolar:

La difusión pulmonar, que es el intercambio de gases que tienen lugar en los alveolos, aumenta durante la realización de ejercicios máximos. Incrementa la perfusión pulmonar. Más sangre es llevada a los pulmones para el intercambio de gases y, al mismo tiempo, la ventilación aumenta por lo que se lleva más aire a los pulmones. Ello significa que habrá más alveolos interviniendo activamente en la difusión pulmonar. El resultado neto es que la difusión pulmonar aumenta.

También con el entrenamiento aeróbico, el aparato respiratorio va a mejorar la capacidad de llevar cantidades adecuadas de oxígeno al interior del cuerpo.

En síntesis, el organismo va a optimizar su capacidad de conseguir oxígeno y trasladarlo a todo el cuerpo. Por lo que habrá mayor cantidad de oxígeno disponible para el cuerpo, mejorando así la capacidad de resistencia.

### ADAPTACIONES PERIFÉRICAS:

Son aquellas que se producen más bien en las células musculares y los capilares. Para conseguir estas adaptaciones se debe entrenar predominantemente en un nivel Sub Aeróbico, es decir menor al 65% de intensidad. Pero estos entrenamientos tienden a ser más prolongados y de menor intensidad.

Las principales adaptaciones periféricas son:

- Aporte capilar
- Contenido de mioglobina
- Aumento de la densidad mitocondrial
- Enzimas oxidativas

### Aporte capilar:

Una de las adaptaciones más importantes del entrenamiento de resistencia es un aumento de

capilares que rodean cada fibra muscular. Tener más capilares permite un mayor intercambio de gases, calor, desechos y nutrientes entre la sangre y las fibras musculares activas.

Los capilares vendrían a ser como los depósitos de los cuales se abastecen las fibras musculares. Cuanto mayor es el depósito, mayores reservas habrá y por lo tanto el organismo hará menor esfuerzo para abastecer.

### Contenido de mioglobina:

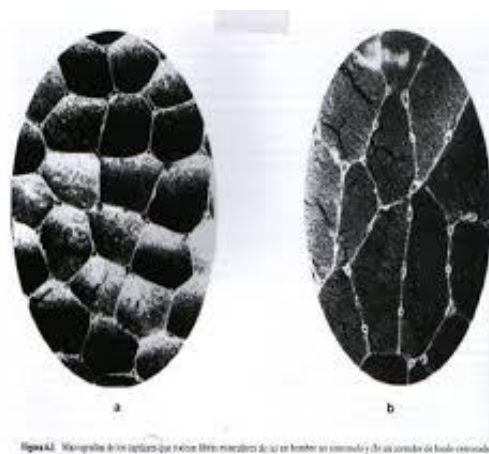
Cuando el oxígeno entra en las fibras musculares, se combina con la mioglobina. Ésta transporta las moléculas de oxígeno desde las membranas celulares hasta las mitocondrias.

El entrenamiento de la resistencia ha demostrado incrementar el contenido muscular de mioglobina entre un 75% y 80%.

### Aumento de la densidad mitocondrial

Tal como hablamos antes, la producción de energía aeróbica se lleva a cabo en las mitocondrias. La capacidad para utilizar oxígeno y producir ATP a través de la oxidación depende del número, tamaño y eficacia de las mitocondrias musculares. Estas tres cualidades mejoran con el entrenamiento de la resistencia.

Cuando se aumenta el volumen de entrenamiento aeróbico, también aumenta el



número y tamaño de las mitocondrias.

### **Enzimas oxidativas:**

Junto con el aumento de la densidad y tamaño mitocondrial, incrementa también la eficacia mitocondrial. Recordemos que la descomposición oxidativa de combustibles y la producción final de ATP depende de la acción de las enzimas mitocondriales, las proteínas especiales que catalizan la degradación de los nutrientes para formar ATP. El entrenamiento aeróbico aumenta las actividades de estas enzimas.

Una de las principales consecuencias metabólicas del entrenamiento aeróbico es un uso más lento del glucógeno de los músculos y una producción reducida de lactato durante el ejercicio a una intensidad dada.

El entrenamiento de resistencia incrementa estas actividades enzimáticas.

## **ADAPTACIONES GENERALES DEL METABOLISMO AERÓBICO.**

Ya vimos las principales adaptaciones centrales y periféricas que se producen con el entrenamiento aeróbico. Todas estas adaptaciones van a traer como consecuencias otras más, que son resultado de las anteriores. Por ejemplo:

- La frecuencia cardíaca
- El gasto cardíaco
- La fatiga

Las adaptaciones producidas van a provocar que el cuerpo actúe más efectivamente sin tanto esfuerzo como lo venía haciendo. Es como cuando en una fábrica se cambian las maquinarias y los depósitos y se hace mucho más eficaz la producción. En menos tiempo se van a poder llegar a mejores resultados.

Así pasa con el organismo. Todos los cambios van a hacer que el corazón se tenga que esforzar menos para satisfacer las demandas de oxígeno

que el cuerpo necesita. Por lo tanto la FC se va a reducir ante el mismo esfuerzo. Esto nos va a llevar a una menor fatiga, un menor cansancio. La FC en reposo también se va a reducir. El corazón ha sufrido adaptaciones que le permiten hacer un igual resultado con menor esfuerzo, ese es el motivo. Se hizo más eficaz durante el entrenamiento. Al llevar a cabo sus funciones necesarias, un corazón condicionado realiza un esfuerzo menor que otro no condicionado.

Por otro lado, diversos especialistas coinciden que la FC máxima no se modifica mucho.

El gasto cardíaco, es decir la cantidad de sangre que entra y sale del ventrículo izquierdo, va a aumentar. El volumen plasmático también lo hará, por lo tanto incrementa el volumen de la sangre del cuerpo lo cual aporta más sangre para cubrir las múltiples demandas del cuerpo durante las actividades.

También la tensión arterial en reposo suele reducirse con el entrenamiento de resistencia en aquellas personas que se hallan al borde de la hipertensión arterial.

## **ADAPTACIONES AL ENTRENAMIENTO ANAERÓBICO**

El entrenamiento anaeróbico se caracteriza por ser de alta intensidad. Algunos de los ejercicios más frecuentes en este metabolismo son los *sprints* o los ejercicios de fuerza.

Los sistemas energéticos predominantes son el ATP-PC y el Glucolítico. Veremos a continuación que cambios se producen tras el entrenamiento anaeróbico.

Anticipándonos, veremos que las adaptaciones producidas en los sistemas energéticos no son tantas, pero en cambio si lo son en entrenamientos anaeróbicos como la fuerza hipertrofia. Ahí podemos observar mejores adaptaciones.

## **ADAPTACIONES EN EL SISTEMA ATP-PC**

Las actividades de alta intensidad, casi máxima, se abastecen principalmente de este combustible. Recordemos que este sistema predomina en actividades inferiores a los 15/20" y con una intensidad muy elevada. Correspondería entre un 85% y 100% de intensidad de la tabla de Brzycki.

Se han hecho estudios demostrando que el entrenamiento de sprint o velocidad máxima hasta aproximadamente 6", algo breve, no genera muchas adaptaciones que influyan en el rendimiento anaeróbico. El principal valor para series de entrenamiento que duran sólo unos pocos segundos (sprint) es el desarrollo de la fuerza muscular. Tales ganancias de fuerzas permiten al individuo ejecutar una determinada tarea con menos esfuerzo, lo cual reduce el riesgo de fatiga.

Más adelante veremos cómo la erza hipertrofia en este sistema si genera otras adaptaciones musculares.

## ADAPTACIONES EN EL SISTEMA GLUCOLÍTICO

El entrenamiento anaeróbico (series de 30") incrementa las actividades enzimáticas glucolíticas y oxidativas clave. Sin embargo esto no afecta mucho al rendimiento anaeróbico.

Podemos decir que las ganancias en el rendimiento con estas formas de entrenamiento son el resultado de mejoras en la fuerza más que en la producción anaeróbica de ATP.

## ADAPTACIONES GENERALES ANAERÓBICAS

### Eficacia del movimiento

El entrenamiento a velocidades más rápidas y con cargas más pesadas mejora nuestra habilidad y coordinación para rendir a intensidades más altas. También incrementa nuestra eficiencia, economizando el uso del aporte energético a los músculos.

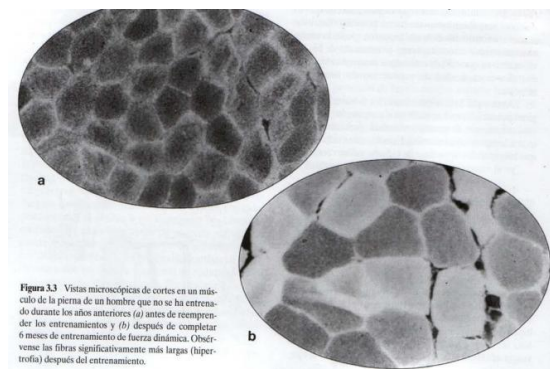
## Capacidad de amortiguación

El entrenamiento anaeróbico ejora la capacidad de los músculos para tolerar el ácido que se acumula en su interior durante la glucólisis anaeróbica.

Se cree que el H<sup>+</sup> que se libera del ácido láctico interfiere con el metabolismo y el proceso contráctil. Los **amortiguadores** (tales como el bicarbonato y los fosfatos musculares) se combinan con el hidrógeno y reducen la acidez de las fibras; de este modo, pueden posponer la aparición de la fatiga durante el entrenamiento anaeróbico.

Se ha demostrado que 8 semanas de entrenamiento anaeróbico incrementa la capacidad de amortiguación muscular entre un 12% y un 50%.

Con esta mayor capacidad de amortiguación, los sujetos sometidos a entrenamientos de sprint pueden acumular más lactato en sangre y en sus músculos durante y después de la ejecución de sprint máximos hasta el agotamiento, que los individuos no entrenados.



Con una mejor capacidad de amortiguación, los músculos pueden generar energía durante períodos más largos antes de que una concentración crítica de H<sup>+</sup> inhiba los procesos contráctiles.

## HIPERTROFIA MUSCULAR

La hipertrofia muscular en simples palabras es el agrandamiento del músculo. Para desarrollarla hace falta trabajar con RM, como ya hemos explicado anteriormente.

Aunque podemos tener varios tipos de hipertrofia nos centraremos en las 2 principales:

- Hipertrofia proteica o miofibrillar
- Hipertrofia sarcoplasmática

### HIPERTROFIA PROTEICA

Entre el 85% y 100% de intensidad de la tabla de Brzycki, lo que representa entre 1RM y 6RM.

Estamos trabajando claramente con el sistema ATP-PC predominantemente.

Las adaptaciones que produce trabajar este tipo de hipertrofia, como su nombre lo indica, son proteicas.

- Un mayor número de miofibrillas
- Más tejido conectivo
- Más filamentos de actina y miosina

Lo que harán es producir mucha más fuerza de contracción al musculo, aunque no tanto volumen como la siguiente hipertrofia.

### CONCLUSIÓN

A lo largo de todo este material hemos podido entender la importancia que tiene cada sistema energético en el entrenamiento, y cómo poder trabajar cada uno. Vimos el rol de cada combustible y cómo son los procesos metabólicos para la obtención de energía. Así mismo pudimos observar todas las adaptaciones que se producen en los diferentes metabolismos y sistemas energéticos a diferentes intensidades.

Como entrenadores no nos gusta mucho la idea de profundizar en la teoría, porque queremos pasar rápidamente a la práctica. Pero hemos visto la importancia que tiene conocer lo teórico para poder llegar de una mejor manera a

### HIPERTROFIA SARCOPLASMÁTICA

Entre un 85% y 60% de intensidad de la tabla de Brzyscki podemos trabajar este tipo de hipertrofia, lo que corresponde entre 7RM y 15RM.

Aquí estamos trabajando en el sistema glucolítico predominantemente.

Las adaptaciones de este tipo de hipertrofia, como su nombre lo indica, se producen en el sarcoplasma, es decir, el citoplasma de la célula muscular.

Las principales adaptaciones son:

- Aumenta la reserva de calcio
- Aumenta la reserva de glucógeno
- Aumento del tamaño del músculo
- Mejora la velocidad enzimática de la PFK

Esto hará que el músculo tenga un mayor volumen, aunque no genere tanta fuerza.

nuestros objetivos y así ser más eficaces a la hora de buscar resultados y adaptaciones. El entrenador también se tiene que entrenar, ¿en qué? En saber entrenar. Y este entrenamiento no solo es práctico y a través de la experiencia, sino intelectual; entrenamiento que por cierto muchas veces tratamos de evitar. Pero cuanto más conocimiento poseamos de nuestro rubro, mejor resultados lograremos y podremos hacer nuestra práctica mucho más profesional.

Espero que tras haber leído toda esta información, tu visión en cuanto al entrenamiento haya cambiado, así también como la manera de ejecutarlo, y en consecuencia mejores el rendimiento de tus entrenados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### FUENTE PRINCIPAL:

- Jack H. Wilmore y David L. Costill “FISIOLOGÍA DEL ESFUERZO Y DEL DEPORTE” 5ta Edición

### OTRAS FUENTES:

De donde obtenemos la energía.

- <https://cobcm.net/blogcobcm/2018/05/09/como-obtienen-la-energia-las-celulas/>

Calorías

- <https://www.clinicalascondes.cl/CENTROS-Y-ESPECIALIDADES/Centros/Centro-de-Nutricion/Nutricion/Calorias>
- <https://kidshealth.org/es/teens/metabolism-esp.html>

Que es el ATP

- [http://www.ffis.es/volviendoalobasico/3nutricin\\_y\\_ejercicio.html](http://www.ffis.es/volviendoalobasico/3nutricin_y_ejercicio.html)  
<https://g-se.com/sistemas-energeticos-33-sa-H57cfb270e8f83>  
<https://botanica.cnba.uba.ar/Pakete/3er/LaEnergia/imag/EI%20ATP.html>

Hidratos de carbono

- <https://www.geosalud.com/nutricion/hidratos-de-carbono-carbohidratos.html#:~:text=Los%20carbohidratos%20tambi%C3%A9n%20llamados%20hidratos,contienen%20carbono%2C%20hidr%C3%B3geno%20y%20ox%C3%ADgeno.>
- <https://medlineplus.gov/spanish/carbohydrates.html>
- <https://www.geosalud.com/nutricion/hidratos-de-carbono-carbohidratos.html>

Proteínas

- <https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/diccionario/proteinas.html#:~:text=Las%20prote%C3%ADnas%20son%20mol%C3%A9culas%20formadas,Carbono>
- <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002467.htm>

Que son las enzimas

- <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/que-son-las-enzimas/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/ATPasa>

Metabolismo aeróbico y anaeróbico

- <https://kidshealth.org/es/teens/metabolism-esp.html>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Metabolismo>

ATP – PC

- <https://g-se.com/fatiga-y-cambios-de-atp-fosfato-de-creatina-y-lactato-durante-la-carrera-corta-de-400-m-1581-sa-D57cfb27231989>

#### Glucolisis

- <http://www.jmfitnessmuscle.com/glucogenesis>

#### Lactato

- <https://www.lactate.com/eslact1a.html>
- <https://www.biolaster.com/news/1406643480/>
- <https://triatletasenred.sport.es/en-red/claves-lactato/>

#### Diferencia entre acido láctico y lactato

- <http://www.elcorredorerrante.com/2015/03/es-lo-mismo-acido-lactico-que-lactato.html>

#### Adaptaciones de entrenamiento de resistencia

- <https://www.lactate.com/eslact3.html>

#### Umbral láctico

- <https://www.lactate.com/eslact1b.html>

#### Formula de Karvonen

- <https://2142runners.com/formula-de-karvonen/>
- <https://www.palabraderunner.com/karvonen-calculador-zonas-de-pulsaciones/#:~:text=La%20F%C3%B3rmula%20de%20Karvonen%20tiene,un%20porcentaje%20determinado%20de%20esfuerzo.&text=As%C3%AD%20la%20diferencia%20entre%20m%C3%A1xima,card%C3%ADaca%20de%20reserva%20o%20residual>

#### Velocidad explosiva y potencia

- <http://www.albertoosete.com.ar/velocidad-y-fuerza-explosiva/>

#### COMPARACION ENTRE AUTORES BRZYCKI, EPLEY, WELDAY, LANDER

- <https://saberentrenarse.wordpress.com/2015/08/24/evaluacion-de-la-fuerza-maxima-metodos-directos-e-indirectos/>
- <https://www.enferdep.com/calculos/calculo-1-repeticion-maxima.html>

#### BRZYCKI

<http://www.fitnessonline.com.ar/nota.php?id=523&categoria=5>

#### COEFICIENTE DE CONVERSION

<https://www.vitonica.com/entrenamiento/como-calculador-los-porcentajes-de-cargas-submaximas>

#### EPLEY Y WELDAY

- CALCULADORA <https://www.vcalc.com/wiki/vCalc/Epley+Formula+%281+rep+max%29>

- [https://www.complexschool.com/blog/2019/7/10/formula-de-epley-para-determinar-1rm#:~:text=1RM%20%3D%20peso%20levantado%20x%20\(1,%2B%20n%C3%BAmero%20de%20reps%2F30\)&text=El%201RM%20te%C3%B3rico%20de%20este,m%C3%A1s%20para%20mejorar%20su%20servicio.](https://www.complexschool.com/blog/2019/7/10/formula-de-epley-para-determinar-1rm#:~:text=1RM%20%3D%20peso%20levantado%20x%20(1,%2B%20n%C3%BAmero%20de%20reps%2F30)&text=El%201RM%20te%C3%B3rico%20de%20este,m%C3%A1s%20para%20mejorar%20su%20servicio.)