

***FISIOLOGÍA  
DEL  
EJERCICIO***

## **CÉLULA**

Los organismos vivos están constituidos por materia viva o protoplasma. Pero el protoplasma del cuerpo humano no forma una masa única, sino que está dividido en un número grande de unidades, generalmente microscópicas, que se denominan células.

### **Descubrimiento de la célula**

El estudio de la célula o citología (del griego Kytos, célula, y logos, tratado), ocupa un lugar predominante en la biología.

Fue descubierto en 1665 por el naturalista inglés Robert Hooke (1635- 1703), quien observando en un microscopio – recientemente inventado - láminas de corcho, vio pequeñas cavidades similares a las celdillas de un panal de abejas y las denominó células (del latín célula, pequeña celda).

### **Definiciones**

- La célula es la mínima parte de materia viva que puede tener una vida independiente y reproducirse.
- Es una microgota de protoplasma.
- Es una masa de protoplasma que posee un núcleo y está rodeada de una membrana plasmática.
- Es la unidad de origen de todos los seres vivos ( Weismann, 1880)
- Es la unidad estructural y funcional en la estructura de los seres vivos.

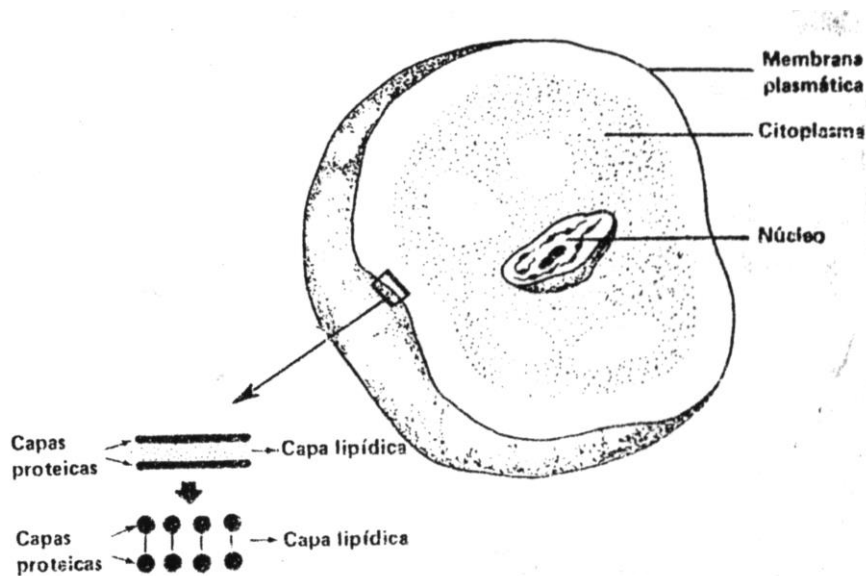
### **Generalidades**

- El Color.  
Por lo general, las células son incoloras porque el protoplasma es incoloro, pero diversos pigmentos pueden dar diferentes coloraciones a la piel, cabellos, ojos, etc.
- El tamaño  
Las células siempre son microscópicas y sus dimensiones pueden ser:  
de 6 a 8 micrones/ glóbulos rojos  
200 micrones / óvulos femeninos  
La célula muscular puede medir hasta 10 cm. de largo.
- La forma  
Es variada, si bien su forma original es esférica, a causa de las presiones ejercidas por las células vecinas pueden ser células ovaladas, redondas, cúbicas o cilíndricas como las epiteliales, discoidales como los glóbulos rojos, estrelladas como las células conjuntivas, arcniformes como las óseas, o alargadas como las fibras musculares.
- La cantidad  
Es incalculable en una persona y varía según la talla del individuo.

### **Estructura de la Célula**

Fisiológicamente es una unidad indivisible, pero morfológicamente y para su mejor estudio podemos considerar dos zonas bien diferenciadas: El citoplasma y el núcleo o carioplasma constituyendo ambos el protoplasma.

La parte externa de la célula, en contacto con el medio ambiente, forma una membrana llamada membrana plasmática.



## MEMBRANA PLASMÁTICA

También llamada citoteca, está presente en todas las células. Como es extremadamente delgada (1/100 de micrón), resulta invisible con el microscopio óptico, debiendo recurrirse al microscopio electrónico para su observación. En éste aparece constituida por tres capas: dos capas densas de naturaleza proteica que encierran una capa clara central y doble, de naturaleza lipídica. Cada capa tiene 25 A ( A = diezmilésima parte de un micrón o micra), de manera que en conjunto mide 75 A de espesor.

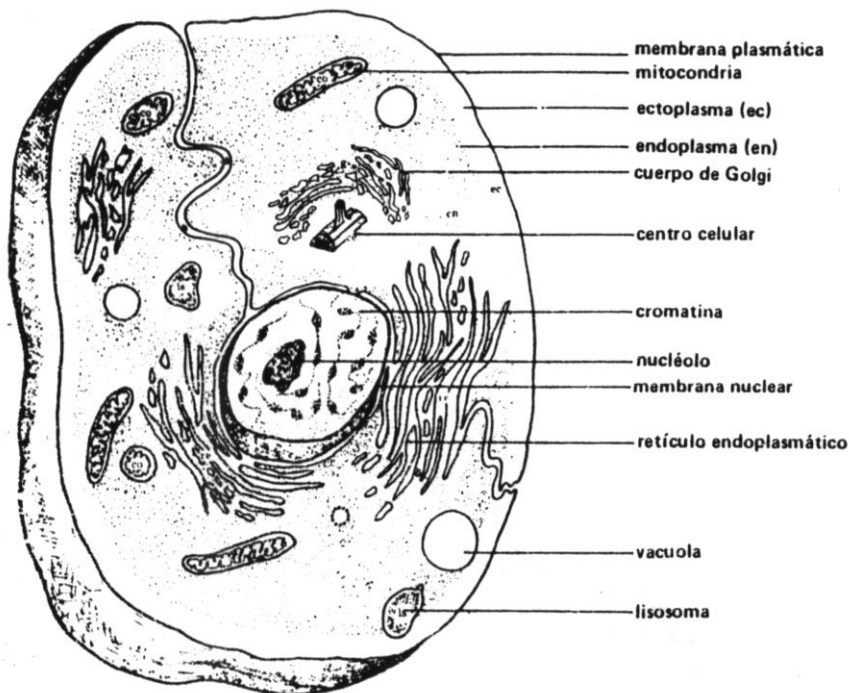
La membrana plasmática puede sufrir múltiples variaciones en relación con los diversos procesos fisiológicos. En algunas células presenta modificaciones como poros, vellosidades, pestañas, cilios, etc.

### Funciones:

- Limita y protege la célula.
- Permite el paso de sustancias nutritivas por ósmosis y en forma selectiva, haciéndose permeable o semipermeable, según las necesidades de la célula. Por eso es una parte viva y funcional, de extrema importancia para regular el contenido celular.
- Permite la penetración y eliminación de sustancias ( absorción y excreción, respectivamente)

## CITOPLASMA

Constituye la parte fundamental del protoplasma. Es una masa que rodea al núcleo y constituye la mayor parte de la célula.



## Estructura de la Célula humana

### Estructuras

Gracias al microscopio electrónico, sabemos que el citoplasma posee una organización compleja y que contiene diversas estructuras especializadas.

Esas estructuras son de dos tipos: los orgánoides o elementos constantes del citoplasma, y las inclusiones o elementos no constantes.

### ORGANOIDES

Son elementos que se encuentran en forma constante, cumplen un importante papel en la vida celular y no pueden faltar en la célula, entre ellos podemos citar las mitocondrias, el retículo endoplasmático, el aparato reticular de Golgi, el centrosoma, los lisosomas y las fibrillas.

#### ➤ Mitocondria

Son corpúsculos membranosos con una organización interna definida pero compleja, que se encuentran dispersos en el citoplasma. También reciben el nombre de aparato mitocondrial o condrioma.

Son orgánoides redondeados o alargados, limitados por una doble membrana, químicamente igual a la membrana plasmática.

La membrana interna emite hacia el interior unas crestas de longitud, forma y orientación variable (crestas

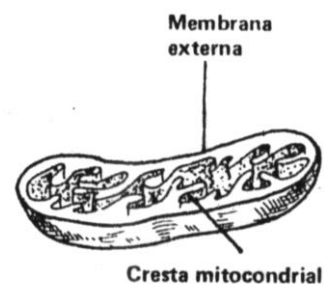


Fig. A. Mitocondria en sección longitudinal.

mitocondriales).

Contienen numerosas enzimas, representando bioquímicamente “la central eléctrica que proporciona a la célula la energía necesaria para su funcionamiento” además de las enzimas, acumulan proteínas, lípidos, compuestos metabólicos, etc.

Generalmente se encuentran en la parte del citoplasma con mayor actividad metabólica.

### **Funciones:**

1. Su función principal es la de transformar la energía química, liberándola, acumulándola o potencializándola. Gracias a las crestas mitocondriales, la superficie de reacción química es enorme.
2. Intervienen en el metabolismo (=transformación) de los hidratos de carbono, ácidos grasos y aminoácidos.

En la mitocondria hay reserva de O<sub>2</sub> (oxígeno).

#### ➤ **Enzimas**

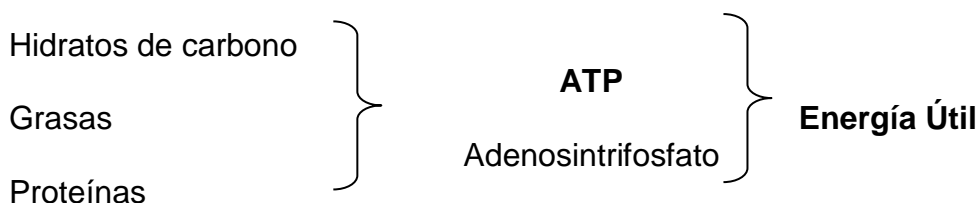
Son Catalizadores biológicos. Y su función, en la Mitocondria, es la de convertir en energía útil a todos los alimentos.

La energía útil es el ATP (adenosintrifosfato), es la forma inmediatamente utilizable de energía química para la actividad muscular. Ésta se almacena en todas las células del cuerpo, por lo tanto también en las musculares. Esta energía es proporcionada por los alimentos que comemos, pero éstos, antes de ser utilizados por el músculo, deben ser transformados en ATP.

La producción de ATP es un complejo de moléculas llamadas adenosina y tres componentes más simples, los grupos fosfágenos. Los 2 últimos producen un alto nivel de energía química.

Para poder realizar un trabajo, se rompe el enlace de los fosfatos, y emite energía para que le célula realice el trabajo.

Los materiales para su resíntesis provienen de los productos de descomposición, que son el adenosindifosfato y el fosfato inorgánico. La energía necesaria para le resíntesis, proviene de tres series que se producen en nuestro cuerpo, 2, de los alimentos que comemos y otro, un compuesto químico llamado fosfocreatina.



#### ➤ **Retículo Endoplasmático**

Es una red de canales y vesículas localizadas en el citoplasma, adquiriendo mayor desarrollo en el endoplasma ( de ahí deriva su nombre). La membrana que limita a los componentes de este sistema es químicamente similar a la membrana plasmática.

Algunos poseen una superficie lisa y uniforme: es el retículo endoplasmático liso o granular, mientras que otros presentan una superficie rugosa porque en su cara externa se adhieren partículas llamadas ribosomas o gránulos de Palade, en honor a su descubridor. En el retículo endoplasmático rugoso o granular se lleva a cabo la síntesis de proteínas.

Las enzimas que intervienen en todos los procesos químicos de las células son proteínas formadas por los lisosomas.

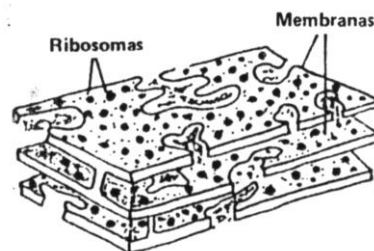


Fig. B. Ultraestructura del retículo endoplasmático granular.

### **Funciones**

- Transporta y distribuye dentro de la célula las sustancias elaboradas por ésta.
- Origina las membranas nucleares y plasmáticas de las células hijas.

#### ➤ **Aparato de Golgi**

Este organoide, que se ubica cerca del núcleo, fue observado por Golgi en 1898 en células nerviosas.

En su estructura intervienen vacuolas y vesículas, que se comunican permanentemente o temporalmente con la membrana nuclear y con el retículo endoplasmático, con el que se confundía hasta la invención del microscopio electrónico.

### **Funciones**

- Participa en la acumulación de productos elaborados por la célula.
- Selecciona los materiales que le va a entregar a los lisosomas.
- Forma sustancias de secreción y le agrega azúcares y lípidos a lo que ya formaron los ribosomas. ( Proteínas).

#### ➤ **Centro celular o centrosoma**

Visto con el microscopio electrónico presenta una granulación central llamada centríolo, rodeado de una zona clara o microcentro y de una zona densa o centrófera, de la que parten irradiaciones llamadas áster. Cada centríolo se asemeja a un cilindro, formado a su vez por cilindros más pequeños.

- Interviene activamente en la mitosis o división de células, para la reproducción celular.

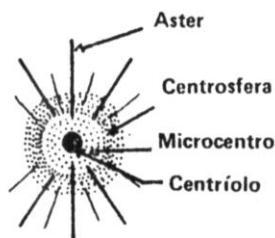


Fig. C. Centro celular visto con el microscopio óptico.

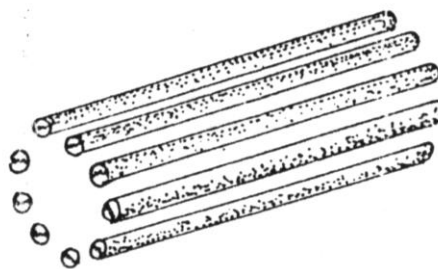


Fig. D. Esquema de un centriolo visto con microscopio electrónico (cilindro formado por nueve tubulos).

## INCLUSIONES

Son los elementos no constantes o transitorios que se encuentran suspendidos en el citoplasma. Carecen de estructura y composición química definida, porque su origen es muy variado.

Pueden ser productos de excreción y secreción, pigmentos sintetizados por el organismo (hemoglobina, bilirrubina, melanina), sustancias de reserva (almidón, glucógeno, grasas, aceites), material fagocitado, sustancias anormales acumuladas (polvo de carbón, depósitos de hierro) o sustancias alimenticias almacenadas (grasas de las células adiposas)

Las inclusiones se diferencian de los organoides porque no forman parte de la materia viva o protoplasma y no son esenciales para la vida.

### Los elementos no constantes son:

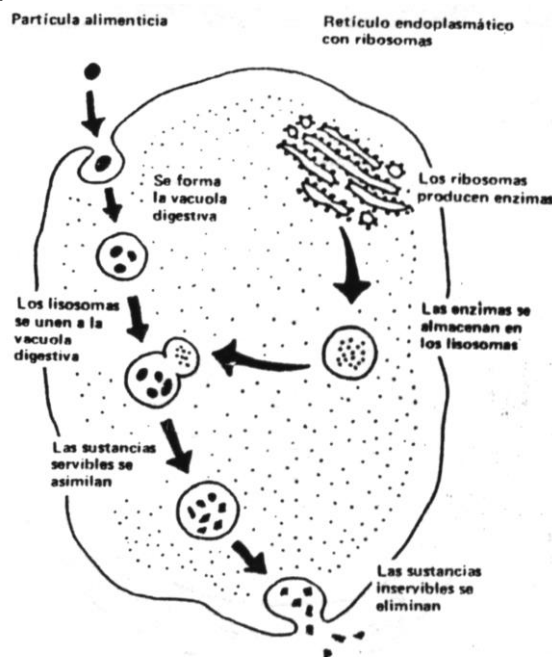
- Hidratos de carbono ( Glucosas)
- Proteínas ( Aminoácidos)
- Grasas (Ácidos grasos)
- Productos de secreción o excreción: Melanina, bilirrubina.

### Lisosomas

Son organoides de morfología variable, que contienen fermentos o enzimas que intervienen en los procesos de digestión celular, como ocurre, por ejemplo, en la fagocitosis. Contienen enzimas y pueden ser:

- Primarios: vacíos
- Secundarios: contienen sustancias proteicas

Le llaman el basurero de la célula, porque cuando ingresa una sustancia la absorbe y lo que no sirve lo elimina.



### Núcleo o carioplasma

Es constante en todas las células vivientes. Rige la actividad celular e interviene directamente en funciones anabólicas (de crecimiento) y de reproducción. Fue descubierto por Robert Brown, en 1831.

**Forma.**

- Es variable, pero la más frecuente es la esférica.

**Ubicación.**

- Generalmente se encuentra en el centro de la célula, donde existe mayor actividad.

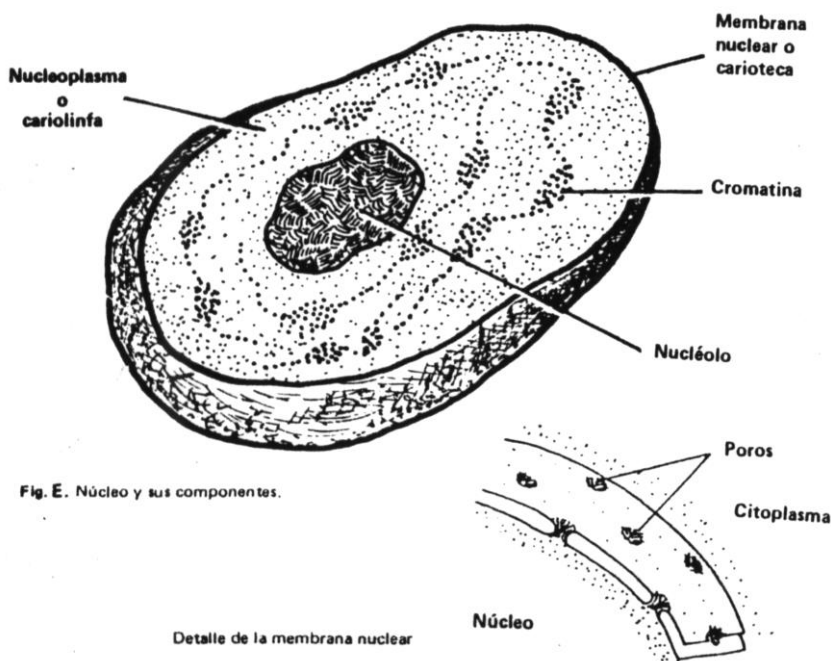
**Estructura.**

- Externamente presenta una membrana nuclear o carioteca, que regula la entrada y salida de sustancias, al mismo tiempo que la separa del citoplasma. Esa membrana es doble y presenta poros que servirían para el paso de las sustancias entre el núcleo y el citoplasma.

En su interior se encuentra un jugo incoloro llamado cariolinfa o **núcleoplasma**, que baña los filamentos de cromatina, sustancia que tiñe con los colorantes habituales (hematoxilina), y el **nucléolo**, que es un corpúsculo esférico y brillante, que interviene en la síntesis de las proteínas.

Lo rodea una membrana nuclear, que es de 2 capas una externa y la otra interna.

Nucleoplasma : Es un líquido que baña a los Filamentos de Cromatina.



**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PROTOPLASMA**

|                                              |                                                                        |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sustancias Inorgánicas</b><br>75%         | <b>Sustancias Orgánicas</b><br>25%                                     |
| 70% de Agua<br>5% de Iones Minerales (sales) | Hidratos de Carbono<br>Grasas, Proteínas, Azúcares<br>Ácidos Nucleicos |

El protoplasma es la materia viviente, y se encuentra en estado coloidal, es decir que no se disuelve en agua.

Está constituido por sustancias inorgánicas del reino mineral, y por sustancias orgánicas, provenientes del reino de los seres vivos.

Entre las sustancias inorgánicas, predomina el agua, en 70% del contenido celular, y 5% de iones minerales. El 25% restante lo forman compuestos orgánicos de diversos tipos, como proteínas, azúcares, grasas y ácidos nucleicos.

## **AGUA**

Es el mayor componente del contenido celular, aunque varía según el tejido que se analice. Así, por ejemplo, en las células óseas existe un 22% y en las renales un 82%. También decrece su porcentaje con la edad, el embrión de 6 semanas posee un 97,5% de agua y el hombre adulto 63%.

El 95% del agua está libre, y el 5% restante se encuentra ligado a proteínas.

### **Función:**

- ◆ es termorreguladora
- ◆ es solvente de sales con carga eléctrica
- ◆ transporta sustancias nutritivas y de desechos
- ◆ interviene en las reacciones químicas.

## **IONES MINERALES**

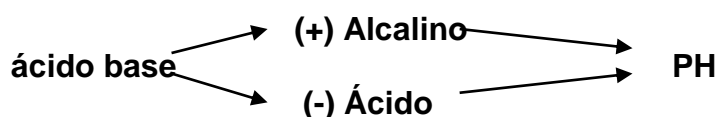
El protoplasma contiene una variedad de sales minerales, entre las que podemos citar el sodio, el potasio, el calcio, el magnesio, el hierro, etc. Además de los efectos específicos de cada una de estas sales, son importantes porque mantienen las relaciones osmóticas del protoplasma con el medio.

Los iones minerales son sales con carga eléctrica:

- Cationes +: Calcio, potasio, sodio y magnesio, son positivos.
- Aniones - : Bicarbonato, fosfato y cloro, son negativos.

Las sales sirven para regular la presión osmótica, o sea el pasaje de una sustancia desde un medio de mayor presión a otro de menor presión.

Regula el estado Ácido-base



## **SUSTANCIAS ORGÁNICAS**

### **Proteínas (CHON)**

Son moléculas cuaternarias, macro moléculas. Constituyen las moléculas más grandes y más complejas que se encuentran en la célula.

Están formadas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, siendo este último su elemento característico.

Son esenciales e irremplazables en la constitución del protoplasma, puesto que representan sus componentes estructurales: membranas de organoides, cromosomas, ribosomas, jugo nuclear, etc. Además intervienen en la composición de las enzimas, por lo que están relacionadas con todo los procesos químicos que ocurren en la célula.

#### Funciones:

1. Productoras de Energía ATP.
2. Función Estructural o plástica
3. Función Enzimática.

### **Hidratos de Carbono (CHO)**

Son moléculas ternarias que a diferencia de las proteínas no tienen NITRÓGENO.

Los hidratos también llamados AZÚCARES, CARBOS, CARBOHIDRATOS, son sustancias ternarias porque están formadas por tres elementos: Carbono, Hidrógeno y Oxígeno. Como ejemplos podemos mencionar los azúcares y los almidones. En nuestro cuerpo se encuentra en cantidad apreciable un azúcar simple, llamado glucosa, que es un hidrato de carbono indispensable en la sangre. Como la glucosa no podría almacenarse en la célula, porque sus moléculas son pequeñas y escaparían por difusión a través de la membrana plasmática, se convierten en glucógeno, que se almacena en el hígado y en los músculos.

Los hidratos de carbono se reservan en las plantas como almidón y en los animales como glucógeno.

La glucosa es un azúcar simple que es utilizado por el organismo como la primera fuente de energía.

Los azúcares pueden ser simples o conjugados:

- ◆ Simples: Monosacáridos, Disacáridos, Polisacáridos. ( maltosa, fructosa, sacarosa, lactosa)
- ◆ Conjugados: Glucolípidos, Glucoproteínas.

Azúcares simples: Productora de ENERGIA.

Azúcares Conjugados: Estructural, Hormonal, Como defensa del organismo.

### **Grasas (CHO)**

Moléculas ternaria, formadas por CARBONO, HIDRÓGENO, OXÍGENO, aunque este último se presenta en menor cantidad, en relación con el CARBONO y el HIDRÓGENO, que en los carbohidratos.

Son de consistencia aceitosa o untuosa. Pueden ser, a temperaturas ordinarias (alrededor de los 20° c), sólidas como el sebo o líquida como el aceite de oliva.

Los lípidos pueden ser transformados por el organismo en grasa y almacenados como tales. El hombre necesita cierta cantidad de grasa en las células del panículo subcutáneo, porque le da firmeza a la piel. Los hidratos de carbono y las grasas constituyen las sustancias alimenticias almacenadas o de reserva.

No son solubles en agua, sino en solventes orgánicos y son la segunda fuente de energía del organismo.

- ◆ Grasas Simples: Glicéridos, Monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos.

- ◆ Grasas más complejas: Esteroides: Colesterol, Hormonas Sexuales, Ácidos Biliares.
- ◆ Grasas Conjugadas: Lipoproteínas, Fosfolípidos.

### Funciones:

1. Termoaislante.
2. Estructural.
3. Hormonal.

## Ácidos nucleicos

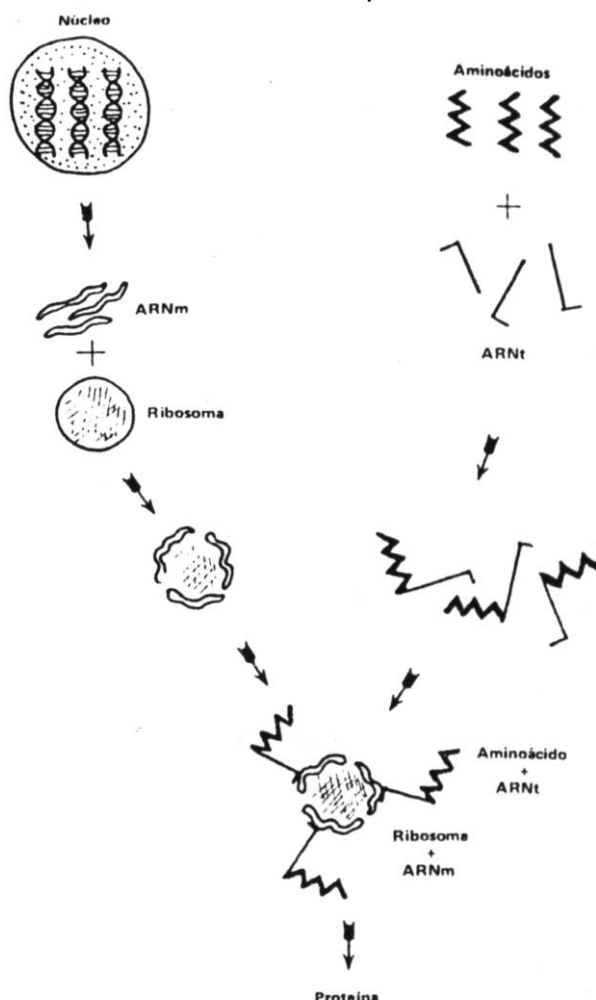
Fueron descubiertos por el bioquímico suizo Friedrich Meischer, en 1870, pero sólo en los últimos años se les otorgó importancia biológica.

Son moléculas grandes, macromoléculas complejas que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo. Tienen forma de cintas de gran longitud, donde se repite la misma estructura a intervalos regulares. Esas estructuras son las unidades de la cadena y se llaman **nucleótidos**. Cada nucleótido está formado por una molécula de ácido fosfórico y un azúcar simple al que se fija una estructura orgánica cíclica llamada base (ácido fosfórico- azúcar-base cíclica nitrogenada)

Según el azúcar que intervenga en su formación hay dos tipos diferentes de ácidos nucleicos: el **ácido ribonucleico** o ARN), cuyo azúcar es la ribosa, y el **ácido desoxirribonucleico** o ADN, en el que el azúcar es la desoxirribosa. Todas las células vivas, vegetales o animales, poseen ambos ácidos nucleicos, ARN y ADN, a diferencia de los virus, que contienen uno u otro, pero nunca ambos.

El ARN se encuentra en mayor cantidad en el citoplasma (90%), en general, bajo la supervisión del ADN. Es el encargado de conducir la **síntesis de las proteínas**: algunas de ellas se incorporan al protoplasma determinando el crecimiento de las células, y otras, las proteínas enzimáticas o enzimas, dirigen todas las reacciones químicas que se cumplan en ellas.

Existen distintos tipos de ARN con estructura, función y localización diferentes:



- El ARN **ribosómico** (ARNr), que constituye el 80% del total del ARN citoplasmático, forma parte de los ribosomas.
- Sirve de apoyo al ARN MENSAJERO y participa de la síntesis de las proteínas.
- El ARN **mensajero** (ARNm), que representa el 10% del ARN nuclear, lleva la información genética (codificada en el ADN) del núcleo al citoplasma atravesando los poros de la membrana nuclear.

Gráfico que resume la secuencia de pasos en la síntesis de las proteínas

- El **ARN de transferencia** (ARNt), que constituye el 10% del ARN citoplasmático, conduce los aminoácidos (materia prima para la elaboración de las proteínas) dispersos por el citoplasma hacia el lugar donde se cumple la síntesis de las proteínas.

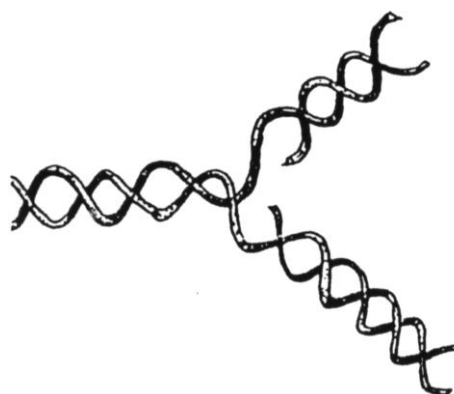
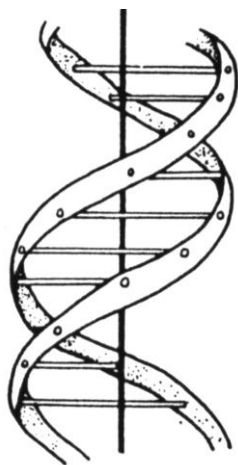
El ADN se localiza preferentemente en la cromatina o cromosoma del núcleo (99%) e interviene en la herencia, es decir, en la transmisión de los caracteres hereditarios de una generación a otra. Son largas moléculas construidas con miles de nucleótidos. En 1953, dos investigadores estadounidenses, James Watson y Francis Crick (premios Nobel de Medicina 1962) representaron esquemáticamente el ADN como dos cintas helicoidales paralelas formadas por nucleótidos que se unen a los de las cadenas opuestas por puentes de hidrógeno.

El ADN se origina en otras moléculas de ADN por auto duplicación: durante la división celular las cintas se separan y cada una mantiene su integridad física formando una cadena complementaria. A su vez el ADN origina al ARN.

Los nucleótidos llevan codificados todos los caracteres psíquicos y físicos del nuevo individuo y constituyen la base química de los genes.

#### Otros nucleótidos

Además de los ácidos nucleótidos, en los seres vivos se encuentran otros nucleótidos simples de gran importancia biológica, como el ATP o adenosintrifosfato (o trifosfato de adenosina), molécula que al romperse libera gran cantidad de energía que es utilizada para cumplir diversos procesos biológicos.



*Molécula de ADN multiplicándose*

#### *Estructura esquemática de ADN*

*Las cintas paralelas representan los nucleótidos*

El ATP libera energía y se transforma en ADP o adenosindifosfato, que al asimilar energía, se convierte nuevamente en ATP. De tal modo, la función de estos nucleótidos es aceptar la energía liberada en algunos procesos y cedérsela a otros cuando es necesaria.

## **FUNCIONES DE LA CÉLULA**

Como la célula es una pequeña porción de materia viviente o protoplasma tiene que realizar los fenómenos necesarios para mantener su vida y perpetuarse. Según la finalidad que cumplan estos fenómenos vitales, se dividen en tres grupos:

1. Los que mantienen la vida celular: función de nutrición.
2. Los que la relacionan con el medio ambiente: función de relación.
3. Los que mantienen la especie mediante la propagación: Función de reproducción.

### **FUNCIÓN DE NUTRICIÓN**

La nutrición es la función básica de la vida, y consiste en el intercambio entre el organismo y el medio externo para mantener el equilibrio dinámico. Ese intercambio se lleva a cabo a través de la membrana plasmática o celular.

#### **Actividad de la membrana celular**

La presencia de esta membrana es indispensable en todas las células para que puedan desarrollar una vida propia. Como ya vimos, la membrana presenta una estructura trilaminar, es decir, formada por dos capas de proteína que encierran una doble capa de lípidos (proteína-lípido-proteína), y no es continua porque posee diminutos poros que facilitan el intercambio de sustancias con el medio.

Esta membrana no permite el paso de cualquier sustancia, sino que selecciona las que le son necesarias. Se dice que una membrana es “permeable” cuando permite el paso de cualquier sustancia, y que es “impermeable” cuando no permite el paso de ninguna sustancia. Si la membrana controla el ingreso y salida de las sustancias, como en el caso de la membrana celular, se dice que es semipermeable o de permeabilidad selectiva.

Las células vivas cumplen el transporte de sustancias gracias a dos fenómenos físicos: **difusión y ósmosis.**

La difusión es el desplazamiento de la moléculas que componen una sustancia, en forma homogénea y en todas direcciones por todo espacio disponible. Por ejemplo, cuando se deja caer un terrón de azúcar en un recipiente con agua sus moléculas se dispersan uniformemente. Si introducimos otra sustancia como por ejemplo sal, sus moléculas se dispersan independientemente de las anteriores.

La difusión de agua a través de una membrana permeable o semipermeable se denomina ósmosis, y la difusión de una sustancia disuelta recibe el nombre de diálisis. La ósmosis y la diálisis son dos formas de difusión.

## FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO

### FUENTES ENERGÉTICAS

Los alimentos se componen principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y, en el caso de las proteínas, nitrógeno. Los enlaces celulares en los alimentos son relativamente débiles y proporcionan poca energía cuando se descomponen. En consecuencia, los alimentos no se usan 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 denominado **trifosfato de adenosina (ATP)**.

**La formación de ATP da a las células los medios para almacenar y conservar energía en un compuesto altamente energético.**

En reposo, la energía que nuestro cuerpo necesita se obtiene casi por un igual de la descomposición de hidratos de carbono y de grasas. Las proteínas son los ladrillos con los que se construye nuestro cuerpo, proporcionando generalmente poca energía para la función celular. Al pasar de la realización de un esfuerzo muscular suave a otro agudo, se emplean progresivamente más hidratos de carbono, dependiendo menos de las grasas. En los ejercicios máximos de corta duración, el ATP se genera casi exclusivamente a partir de los hidratos de carbono.

### HIDRATOS DE CARBONO

La dependencia de nuestros músculos respecto a los hidratos de carbono durante el ejercicio está relacionada con la disponibilidad de hidratos de carbono y con que el sistema muscular esté bien desarrollado para su metabolismo. Los hidratos de carbono 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.

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 y las proteínas también se usan como fuentes energéticas. Nuestro cuerpo acumula mucha más grasa que hidratos de carbono. 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. Sólo éstos se usan para formar ATP.

**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.**

Tal como se ve, se obtiene sustancialmente más energía de una cantidad determinada de grasa que de la misma cantidad de hidratos de carbono. No obstante, el ritmo de liberación de energía de estos compuestos es demasiado lento para satisfacer todas las demandas de energía de la actividad muscular intensa.

## **PROTEÍNAS**

El proceso por el que las proteínas o las grasas se convierten en glucosa recibe el nombre de gluconeogénesis. Alternativamente, las proteínas pueden convertirse, a través de una serie de reacciones, en ácidos grasos. Esto recibe el nombre de lipogénesis. 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.



## RITMO DE LIBERACIÓN DE ENERGÍA

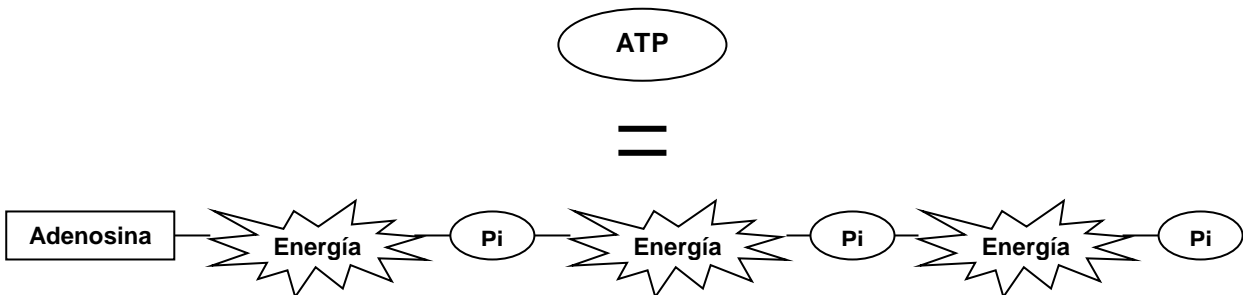
Para ser útil, la energía libre debe liberarse a partir de compuestos químicos a un ritmo controlado. Este ritmo viene parcialmente determinado por la elección de la fuente primaria de combustible. Grandes cantidades de un combustible determinado pueden hacer que las células dependan más de esta fuente que de otras alternativas. Esta influencia de la disponibilidad de energía recibe la denominación de efecto de acción de masa.

Enzimas específicas proporcionan un mayor control estructurado del ritmo de liberación de energía libre. Muchas de estas proteínas especiales facilitan la descomposición (catabolismo) de los compuestos químicos. 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)**.

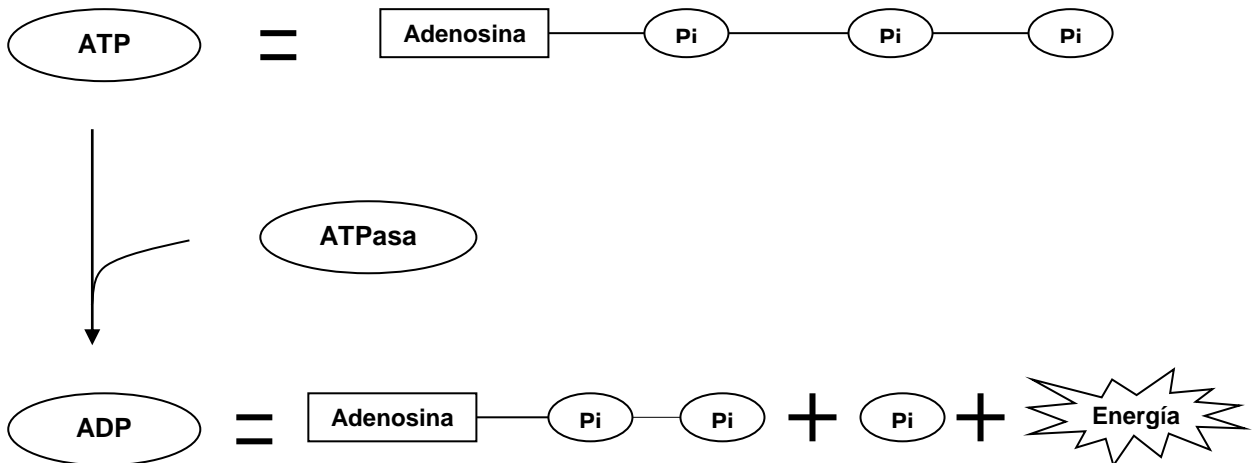
Ahora que tenemos las fuentes energéticas, podemos mirar como se almacena esta energía.

### BIOENERGÉTICA: PRODUCCIÓN DE ATP

a)



b)



a) Composición estructural de una molécula de ATP, mostrando los enlaces de fosfato de alta energía, y b) liberación de energía

Una molécula de ATP se compone de adenosina (una molécula de adenina unida a una molécula de ribosa) combinada con tres grupos fosfatos (Pi) inorgánicos. Cuando la enzima ATPasa actúa sobre ellos, el último grupo fosfato se separa de la molécula ATP, liberando rápidamente una gran cantidad de energía (7,6 kcal/mol de ATP). Esto reduce el

ATP a ADP (**difosfato de adenosina**) y Pi. ¿Pero cómo se acumuló originalmente esta energía?

El proceso de almacenaje de energía formando ATP a partir de otras fuentes químicas recibe el nombre de fosforilación. Mediante varias reacciones químicas, un grupo fosfato se añade a un compuesto relativamente bajo en energía, el difosfato de adenosina (ADP), convirtiéndose en trifosfato de adenosina (ATP). Cuando estas reacciones se producen sin oxígeno, el proceso recibe el nombre de **metabolismo anaeróbico**. Cuando estas reacciones tienen lugar con la ayuda de oxígeno, el proceso global se denomina **metabolismo aeróbico**, y la conversión aeróbica de ADP en ATP es la fosforilación oxidativa.

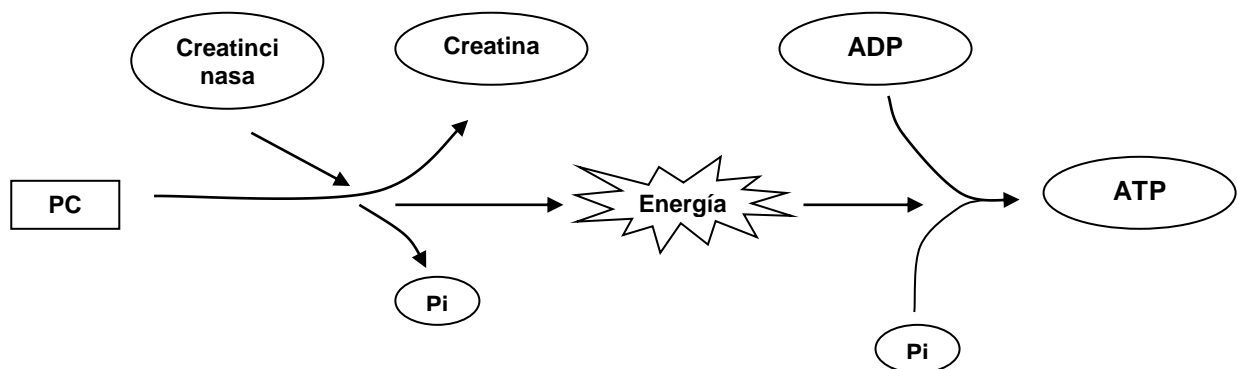
Las células generan ATP mediante tres métodos:

- El sistema ATP-PC
- El sistema glucolítico
- El sistema oxidativo

## 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**). A diferencia del ATP, la energía liberada por la descomposición del PC no se usa directamente para realizar trabajo celular. En vez de esto, reconstruye ATP para mantener un suministro relativamente constante.

La liberación de energía por parte del PC es facilitada por la enzima creatinasa (CK), que actúa sobre el PC para separar el Pi de la creatina. La energía liberada puede usarse entonces para unir Pi a una molécula de ADP, formando ATP. En la siguiente figura se representa este proceso. Con este sistema, cuando la energía es liberada por el ATP mediante la división de un grupo fosfato, nuestras células pueden evitar el agotamiento del ATP reduciendo PC, proporcionando energía para formar más ATP.



### Mantenimiento de los niveles de ATP a partir de la energía acumulada en PC.

Este proceso es rápido y puede llevarse a cabo sin ninguna estructura especial dentro de la célula. Aunque puede ocurrir en presencia de oxígeno, este proceso no lo requiere, por lo cual se dice que el sistema ATP-PC es anaeróbico.

Durante los primeros pocos segundos de actividad muscular intensa, como puede ser el sprint, el ATP se mantiene a un nivel relativamente uniforme, pero el nivel de PC declina

de forma constante cuando se usa el compuesto para reponer el ATP agotado. Cuando se llega al agotamiento, no obstante, tanto el nivel de ATP como el de PC es muy bajo, y no pueden proporcionar energía para más contracciones y relajaciones.

Por lo tanto, nuestra capacidad para mantener los niveles de ATP con la energía del PC es limitada. Nuestras reservas de ATP y PC pueden mantener las necesidades de energía de nuestros músculos tan sólo de 3 a 15 s durante un sprint máximo. Más allá de este punto, los músculos deben depender de otros procesos para la formación de ATP: la combustión glucolítica y oxidativa de combustibles.

## SISTEMA GLUCOLÍTICO

| SISTEMA ANAERÓBICO                  |                              |                       |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| AREA METABÓLICA                     | ÁCIDO LÁCTICO<br>(MILIMOLES) | FUENTE DE ENERGÍA     |
| RESISTENCIA ANAERÓBICA<br>200 Puls. | 8 - 12                       | GLUCÓGENO             |
| TOLERANCIA ANAERÓBICA               | 12 - 18                      | GLUCÓGENO             |
| POTENCIA ANAERÓBICA                 | 16 - 24                      | GLUCÓGENO             |
| VELOCIDAD                           | - 3                          | FOSFAGENO<br>ATP - PC |

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.

La glucosa es el 99% de la cantidad total de azúcares que circulan por la sangre. La glucosa de la sangre procede de la digestión de los hidratos de carbono y de la descomposición del glucógeno hepático. El glucógeno es sintetizado a partir de la glucosa por un proceso llamado glucogénesis. Se almacena en el hígado o en los músculos hasta que se necesita. En este momento, el glucógeno se descompone en glucosa-1-fosfato a través del proceso de la glucogenólisis.

Antes de que la glucosa o el glucógeno puedan usarse para generar energía, deben convertirse en un compuesto llamado glucosa-6-fosfato. La conversión de una molécula de glucosa requiere una molécula de ATP. En la conversión del glucógeno, se forma glucosa-6-fosfato a partir de glucosa-1-fosfato sin este gasto de energía. La glucólisis comienza una vez que se ha formado la glucosa-6-fosfato.

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. Al referirnos al sistema glucolítico nos estamos refiriendo a los procesos de glucólisis cuando ocurre sin la intervención de oxígeno. En este caso, el ácido pirúvico se convierte en ácido láctico.

La glucólisis, que es mucho más compleja que el sistema ATP-PC, requiere 12 reacciones enzimáticas para la descomposición de glucógeno en ácido láctico. Todas estas enzimas operan dentro del citoplasma de las células. La ganancia neta de este proceso es de 3 moles de ATP formados por cada mol de glucógeno descompuesto. Si se usa glucosa en lugar de glucógeno, el beneficio es de sólo 2 moles de ATP porque se usa un mol para la conversión de glucosa en glucosa-6-fosfato.

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.

Otra importante limitación de la glucólisis anaeróbica es que ocasiona una acumulación de ácido láctico en los músculos y en los fluidos corporales. En las pruebas de sprint máximo que duran entre 1 y 2 minutos, las demandas sobre el sistema glucolítico son elevadas, y los niveles de ácido láctico pueden incrementarse desde un valor en reposo de aproximadamente 1 mmol/kg de los músculos hasta más de 25 mmol/kg. Esta acidificación de las fibras musculares inhibe una mayor descomposición del glucógeno, porque dificulta la función enzimática glucolítica. Además, el ácido reduce la capacidad de combinación del calcio de las fibras e impide de este modo la contracción muscular.

**El ácido láctico y el lactato no son el mismo compuesto. El ácido láctico es un ácido con la fórmula química  $C_3H_6O_3$ . El lactato es cualquier sal de ácido láctico. Cuando el ácido láctico libera  $H^+$ , el compuesto restante se une con  $Na^+$  o  $K^+$  para formar una sal. La glucólisis anaeróbica produce ácido láctico, pero se disocia rápidamente y se forma la sal (lactato). Por esta razón, los términos se usan con frecuencia de modo intercambiable.**

El ritmo de utilización de energía de una fibra muscular durante el ejercicio puede ser 200 veces superior al ritmo de uso de energía en reposo. Los sistemas ATP-PC y glucolítico no pueden, por sí solos, satisfacer todas las necesidades de energía. Sin otro sistema de energía, nuestra capacidad para hacer ejercicio puede quedar limitada a unos pocos minutos. Vayamos al tercer sistema de energía.

## SISTEMA OXIDATIVO

| <b>SISTEMA AERÓBICO</b>                    |                      |                                           |
|--------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|
| <b>ÁREA METABÓLICA</b>                     | <b>ÁCIDO LÁCTICO</b> | <b>FUENTE DE ENERGÍA</b>                  |
| <b>REGENERATIVO<br/>120 Puls.</b>          | <b>- 2</b>           | <b>ÁCIDOS GRASOS<br/>LACTATO RESIDUAL</b> |
| <b>SUBAERÓBICO<br/>140 Puls.</b>           | <b>2 A 4</b>         | <b>ÁCIDOS GRASOS<br/>LACTATO RESIDUAL</b> |
| <b>SUPERAERÓBICO<br/>160 Puls.</b>         | <b>4 A 6</b>         | <b>GLUCÓGENO</b>                          |
| <b>VO<sub>2</sub> MÁXIMO<br/>180 Puls.</b> | <b>6 A 10</b>        | <b>GLUCÓGENO</b>                          |

El sistema final de producción de energía celular es el **sistema oxidativo**. Éste es el más complejo de los tres Sistemas energéticos, pero evitaremos entrar en detalles molestos. 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 de 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 de 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.

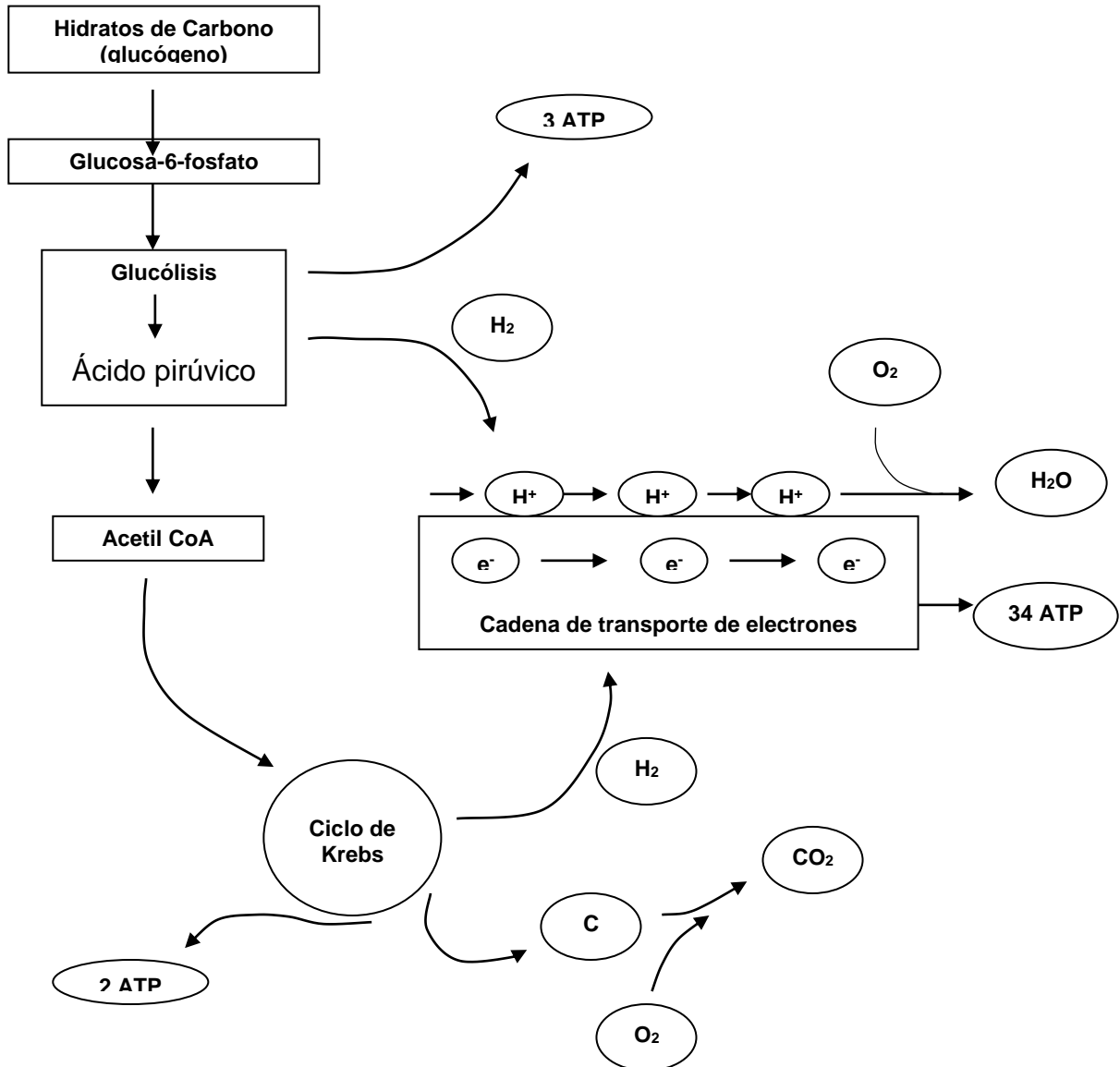
### **Oxidación de los hidratos de carbono**

La producción oxidativa de ATP abarca tres procesos:

- Glucólisis
- Ciclo de Krebs
- Cadena de transporte de electrones

**Glucólisis.** 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 presente como si no. La presencia de oxígeno determina solamente el destino del producto final: el ácido pirúvico. 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.** Una vez formado, el acetil CoA entra en el **ciclo de Krebs** (ciclo del ácido cítrico), una serie compleja de reacciones químicas que permiten la oxidación completa del acetil CoA. Al final del ciclo de Krebs, se han formado 2 moles 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.



## Oxidación de los hidratos de carbono

### Cadena de transporte de electrones

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 este hidrógeno?

El ciclo de Krebs va unido a una serie de reacciones conocidas como la cadena de transporte de electrones. El hidrógeno liberado durante la glucólisis y durante el ciclo de Krebs se combina con dos coenzimas: NAD (nicotinamida-adenín-dinucleótido) y FAD (flavo-adenín-dinucleótido). Éstas llevan los átomos de hidrógeno hacia la cadena de transporte de electrones, donde se dividen en protones y electrones. Al final de la cadena, el H<sup>+</sup> se combina con oxígeno para formar agua, impidiendo así la acidificación.

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 de ADP, formando así ATP. Puesto que este proceso precisa oxígeno, recibe la denominación de fosforilación oxidativa.

### Producción de energía a partir de los hidratos de carbono

El sistema oxidativo de producción de energía puede generar hasta 39 moléculas de ATP a partir de una molécula de glucógeno. Si el proceso comienza con glucosa, el beneficio neto es de 38 moléculas de ATP (recordemos que antes de que la glucólisis comience se usa una molécula de ATP para convertirla en glucosa-6-fosfato).

### Oxidación de los hidratos 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 1.200 a 2.000 kcal de energía, pero la grasa almacenada dentro de las fibras musculares y en nuestras células grasas pueden proporcionar entre 70.000 y 75.000 kcal.

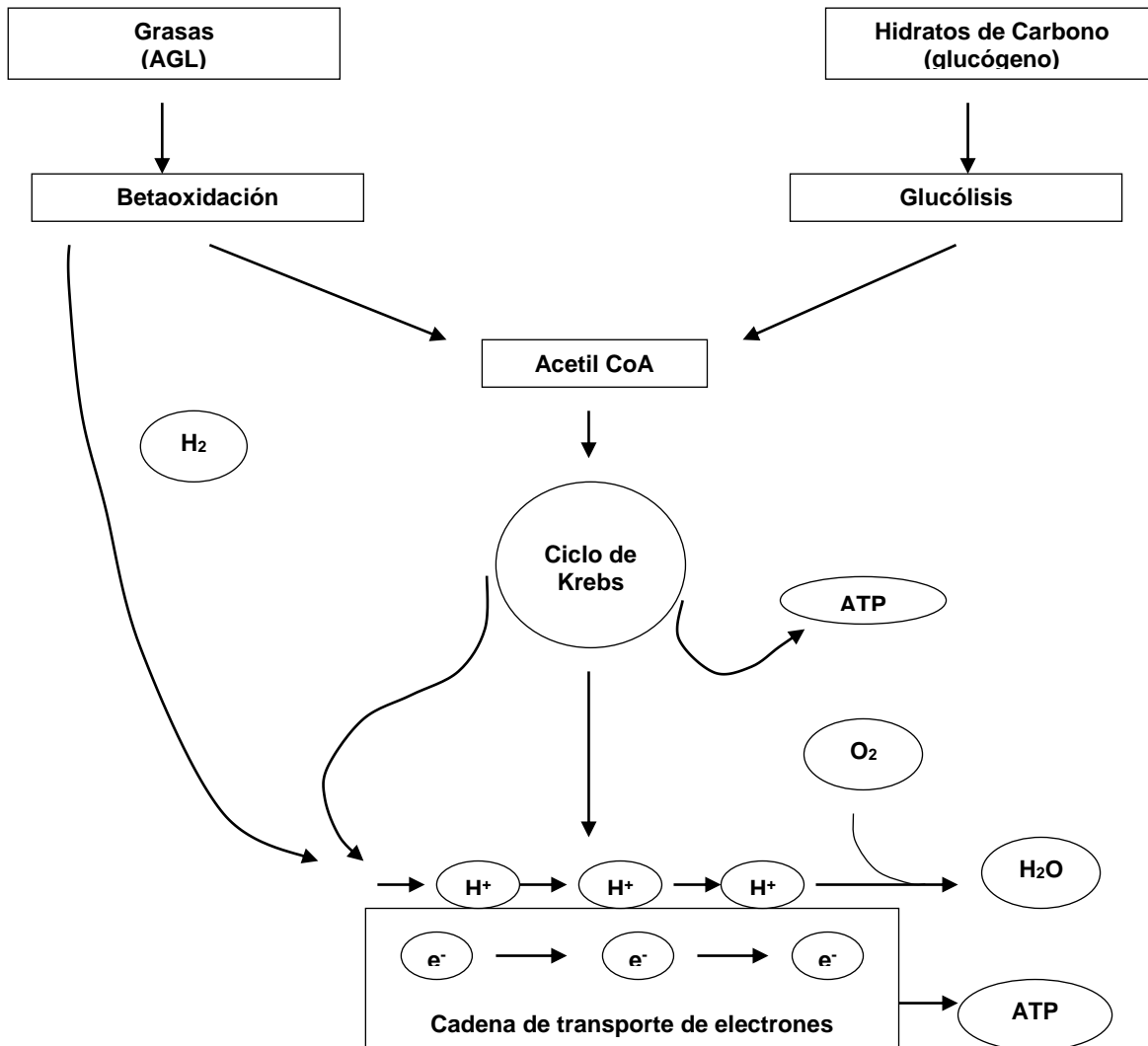
Aunque muchos compuestos químicos (tales como los triglicéridos, los fosfolípidos y el colesterol) se clasifican como grasas, sólo los triglicéridos son fuentes energéticas importantes. Los triglicéridos se almacenan en las células grasas y en las fibras musculares esqueléticas. Para usar su energía, los triglicéridos deben descomponerse en sus 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.

### Betaoxidación

Aunque los diversos ácidos grasos libres en el cuerpo difieren estructuralmente, su metabolismo es esencialmente el mismo. Al entrar en las fibras musculares, los ácidos grasos libres son activados enzimáticamente con energía del ATP, preparándolos para el catabolismo (descomposición) dentro de las mitocondrias. Este catabolismo enzimático de las grasas por las mitocondrias recibe la denominación de **betaoxidación (oxidación β)**.

En este proceso, la cadena de carbono de un ácido graso libre es dividida en unidades 2-carbono separadas de ácido acético. Por ejemplo, si un ácido graso libre tiene una cadena 16-carbono, la betaoxidación produce 8 moléculas de ácido acético. Cada molécula de ácido acético se convierte entonces en acetil CoA.



**El metabolismo de las grasas y el de los hidratos de carbono comparten algunos caminos comunes**

### Ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones

A partir de este punto, el metabolismo de las grasas sigue el mismo camino que el de los hidratos de carbono. El acetil CoA formado por betaoxidación entra en el ciclo de Krebs. Éste genera hidrógeno, que es transportado hacia la cadena de transporte de electrones, junto con el hidrógeno generado durante la betaoxidación, para sufrir la fosforilación oxidativa. Como en el metabolismo de la glucosa, los productos de deshecho de la oxidación de los ácidos grasos libres son el ATP, el H<sub>2</sub>O y el CO<sub>2</sub>. No obstante, la combustión completa de una molécula de ácidos grasos libres requiere más oxígeno porque contiene considerablemente más carbono que una molécula de glucosa.

**Aunque las grasas proporcionan más kcal de energía por gramo que los hidratos de carbono, la oxidación de las grasas requiere más oxígeno que la de los hidratos de carbono. La producción de energía a partir de las grasas es 5,6 moléculas de ATP por molécula de oxígeno usada, en comparación con la producción por parte de los hidratos de carbono de 6,3 moléculas de ATP por molécula de oxígeno. El aporte de oxígeno se ve limitado por el sistema de transporte de oxígeno, por lo que los hidratos de carbono son el combustible preferido durante la realización de ejercicios de elevada intensidad.**

La ventaja de tener más carbono en los ácidos grasos libres que en la glucosa es que se forma más acetil CoA a partir del metabolismo de una cantidad determinada de grasa, por lo que entra más en el ciclo de Krebs y se envían más electrones a la cadena de transporte de electrones. Ésta es la razón por la que el metabolismo de las grasas puede generar mucha más energía que el metabolismo de la glucosa.

Consideremos el ejemplo del ácido palmítico, un ácido graso libre 16-carbono más bien abundante. Las reacciones combinadas de oxidación, el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones producen 129 moléculas de ATP a partir de una molécula de ácido palmítico, comparado con sólo 38 moléculas de ATP a partir de la glucosa o 39 a partir del glucógeno. Aunque esta producción parece bastante elevada, sólo aproximadamente el 40% de la energía liberada por el metabolismo de las moléculas de glucosa o de ácidos grasos libres es capturado para formar ATP. El restante 60% es liberado como calor.

## ESTRUCTURA DE UNA CLASE O SESIÓN DE ENTRENAMIENTO

### ENTRADA EN CALOR

#### Objetivos:

##### Aspecto fisiológico

- Prevenir lesiones
- Preparar el cuerpo para la actividad posterior

Estos objetivos son inmediatos y para que puedan cumplirse debemos asegurar:

- La **activación del sistema cardiovascular** en forma suave y progresiva a fin de adaptar al corazón para el ejercicio.
- El **mejoramiento de la circulación de oxígeno (O<sub>2</sub>)** y demás nutrientes hacia los músculos que trabajan por aumento de la vasodilatación.
- El aumento de la **temperatura corporal**, a fin de mejorar la contracción muscular, debido a la disminución de la viscosidad en el músculo.
- La disminución de la viscosidad del **líquido sinovial** y su mejor distribución en las articulaciones para permitir movimientos más amplios e intensos.
- La liberación de **acetilcolina** (sustancia neurotransmisora) a la placa motora para optimizar la contracción de los músculos

##### Aspecto psicológico

- Generar una motivación creciente en el alumno.
- Posibilitar la toma de conciencia de la actividad a realizar.
- Facilitar el conocimiento del propio cuerpo y sus diferentes zonas o segmentos.

##### Aspecto perceptivo – motor

- Aumentar la percepción motriz (percepción del movimiento) debido a que se realiza a una velocidad menor.
- Permitir “refrescar” los patrones de movimientos de la tarea a realizar
- Estimular y preparar la Memoria Rápida.

#### Contenido:

Los movimientos a incluir en este primer segmento de la clase deberán ser amplios, globales, fluidos y simples, involucrando la mayor cantidad de articulaciones posibles a la vez.

Dichos movimientos serán precedidos por estiramientos suaves de las principales articulaciones (cadera, hombros, y columna vertebral)

Estos estiramientos serán estáticos, sin rebotes y de una duración de 6” aproximadamente por grupo muscular, a fin de estirar a los elementos plásticos del músculo (organoides: mitocondrias y aparato de Golgi), que pueden ceder a estos movimientos con facilidad, pero no pueden volver rápidamente a la posición de reposo.

#### Consideraciones:

- No detenerse demasiado tiempo en movimientos de cuello y cintura escapular ya que por tratarse de movimiento pocos amplios no contribuyen demasiado al aumento de la temperatura corporal.
- No utilizar movimientos balísticos.

- No utilizar movimientos bruscos o intensos ya que el corazón va a trabajar con abastecimiento insuficiente de O<sub>2</sub> lo que provocará vasoconstricción en las arterias coronarias y en las que irrigan a los músculos activos con la consiguiente disminución de la temperatura, en dichos músculos.
- Comenzar siempre por los músculos del tren inferior por ser mas grandes.
- Si no se realiza la entrada en calor y se empieza por ejemplo con press de pecho, se produce un enfriamiento muscular por vasoconstricción arterial, por lo tanto, aparece un indeseado aumento de la frecuencia cardiaca y de la presión arterial.

### **Duración:**

- Musculación 15', en deportes 20' como mínimo.
- La duración estimada es de 10 minutos, pudiendo incrementarse si la temperatura ambiente es muy baja.
- Debemos aumentar el tiempo de duración por esta razón, pero nunca la intensidad por lo explicado anteriormente.

Otros factores que pueden intervenir en la prolongación de la misma son:

- El nivel de entrenamiento del alumno.
- El tiempo total de la sesión.
- El contenido de la clase.

### **VUELTA A LA CALMA**

#### **Objetivos:**

- Normalizar la frecuencia cardíaca y respiratoria.
- Favorecer la remoción del ácido láctico residual a través del estiramiento muscular.
- Normalizar la temperatura corporal.

Dicho de otra manera, deshacer lo hecho en la entrada en calor, a fin de inducir a nuestro organismo a la búsqueda de un nuevo equilibrio después de la actividad intensa.

#### **Contenidos:**

- Estiramiento muscular, si es que no fueron incluidos en la actividad central
- Ejercicios de respiración que induzcan al relax.
- Actividad de relajación centrados en la concientización de los diferentes segmentos corporales (relajación de las principales articulaciones, visualizaciones, etc.)

## AERÓBICOS

### Objetivos del Entrenamiento Aeróbico

- Activar el sistema aeróbico favoreciendo la oxidación de sustratos (control del peso corporal)
- Aumentar el número de mitocondrias mejorando la captación de Oxígeno por parte de los músculos
- Aumentar la capilarización
- Aumentar el volumen de eyección sistólica, reduciendo la Fc. en reposo y en ejercicio.
- Favorecer el retorno venoso

Cuando pensamos en un trabajo o entrenamiento aeróbico, inmediatamente nos imaginamos a una persona corriendo. Afortunadamente, para aquellos que no sienten placer al correr, o bien no pueden hacerlo por consejo médico, existe otra forma de obtener los mismos beneficios a nivel cardiovascular y en lo que refiere al control del peso corporal. Hablamos del **Entrenamiento Intermittente**.

Esta modalidad nos permite, además, obtener los siguientes beneficios, y en una sesión que no supera los **25 minutos**:

- Mejorar el VO2 máximo
- Mejorar la Potencia Muscular
- Disminuir la grasa corporal

### Modalidades de E.I:

- Circuito localizado con sobrecarga
- Circuito sin sobrecarga (global)
- Circuito mixto
- Carreras cortas

El denominador común es la **EXPLOSIVIDAD** del movimiento

Se trata de esfuerzos de **ALTA INTENSIDAD** con **PAUSAS CORTAS**

### Ventajas del E.I:

- No es fatigante como los VO2 continuos
- Son altamente estimuladas las fibras Tipo II
- Puede combinarse con entrenamientos para Hipertrofia y con los de Fuerza
- Resultados en 4 semanas

## Entrenamiento Aeróbico basado en caminatas y/o trote

### 1- Contenidos del trabajo aeróbico:

|                 |            |         |                        |   |   |
|-----------------|------------|---------|------------------------|---|---|
| <b>Caminata</b> | Lenta      | 120     | pulsaciones por minuto |   |   |
|                 | Intermedia | 125/130 | “                      | “ | “ |
|                 | Rápida     | 130     | “                      | “ | “ |
| <b>Trote</b>    | Lento      | 135/140 | “                      | “ | “ |
|                 | Rápido     | 145/150 | “                      | “ | “ |

**Carrera** 150/155 pulsaciones por minuto.

\*Estos valores son estimativos, los utilizamos para comparar las diferentes intensidades

### 2- Técnica:

#### Caminata lenta/ intermedia

1. Mentón paralelo al piso
2. Hombros relajados
3. Tronco erguido
4. Columna bien extendida ( sosteniendo el peso del cuerpo)
5. Esternón hacia adelante y arriba
6. Braceo amplio, codos extendidos
7. Pasos largos, pies al frente, manteniéndolos separados igual al ancho de las caderas

#### Caminata rápida

1. Mentón paralelo al piso.
2. Hombros relajados.
3. Tronco erguido.
4. Columna bien extendida con el tronco ligeramente hacia delante.
5. Esternón hacia adelante y arriba.
6. Brazos con codos flexionados
7. Paso corto y rápido como si estuviera por trotar.

#### Trote

1. Mentón paralelo al piso.
2. Hombros relajados.
3. Tronco erguido.
4. Columna bien extendida con el tronco ligeramente hacia delante.
5. Esternón hacia delante y arriba.
6. Brazos con codos flexionados.
7. Paso de longitud intermedia.

#### Carrera

1. Mentón paralelo al piso.
2. Hombros relajados.
3. Tronco erguido.
4. Columna bien extendida con el tronco más perpendicular al piso.
5. Esternón hacia delante y arriba.
6. Braceo bien amplio con codos flexionados.

## 7. Paso zancada ( bien largo)

### METODOS DE ENTRENAMIENTO

- **Intervalados (intervall training):** son los que se fraccionan con pausas intermedias para la recuperación entre series.
- **Continuos:** son los que se realizan sin pausa de recuperación

Cuando se trata de personas sedentarias es conveniente comenzar con trabajos **intervalados**. Estos van a producir adaptaciones cardiovasculares más rápidas, para poder implementar lo antes posible un entrenamiento continuo.

La necesidad de no utilizar durante períodos prolongados de tiempo la modalidad interválica como única forma de entrenamiento se debe a que, si bien producen adaptaciones rápidas, éstas se “pierden” también rápidamente.

Con respecto a los trabajos **continuos**, podemos decir que son los que puede realizar una persona con un nivel de consumo de oxígeno intermedio y pueden implementarse en trotes de cualquier intensidad aeróbica.

### COMO UTILIZAR ESTOS METODOS

- Si se trata de una persona que nunca realizó actividad aeróbica resulta conveniente comenzar con intervalados dado que además de generar adaptaciones más rápidamente, resultarán menos fatigantes.
- Si nos referimos a un sujeto medianamente entrenado o con un nivel óptimo de preparación, podemos optar por los continuos e ir alternándolos con los intervalados de acuerdo con las necesidades en lo que refiere al alcance de los objetivos propuestos.

### ¿Cuándo pasar del método intervalado al continuo?

Para que una persona que realiza caminata o trote intervalado pueda llegar al continuo, es necesario que sea capaz de ejecutar 3 series de 12 minutos de trabajo por 1 de pausa, o bien, 2 series de 15 minutos por 1 de pausa, habiéndose observado durante el período de trabajo una frecuencia cardíaca acorde con el mismo y una disminución de la Fc. después de la Pausa, de entre 30 a 40 latidos por minuto (dependiendo de la intensidad del trabajo realizado en la serie).

### TEST DE 2'x1'

Este test se utiliza para evaluar la condición aeróbica en personas sedentarias o cuyo consumo de oxígeno se encuentra por debajo de los niveles adecuados. En deportistas, se hace necesario la implementación de otro tipo de evaluaciones, como el test de la Milla, el test de Cooper, etc.

## Ejecución del Test

Luego de realizada la Entrada en Calor, se ejecutan 4 series de 2' de trabajo por 1' de pausa con el contenido previsto.

Después de cada serie de trabajo y de cumplido el minuto de pausa se controla la Fc. Si después de la pausa se ha recuperado, esto es, si tiene entre **30 y 40 pulsaciones menos** que en el trabajo, se procederá a realizar la serie siguiente.

Al finalizar el test y antes de la vuelta a la calma, se toma la Fc. al 1', a los 3' y a los 5'.

Después de este último control, la misma tiene que estar, como máximo, **15 pulsaciones por arriba** de las que el sujeto tiene normalmente en reposo, para realizar cualquier otra actividad de una intensidad menor.

**NOTA:** Cuando en el trabajo no aumenta demasiado la Fc. no se puede esperar que en la pausa disminuya 30 o 40 pulsaciones, porque se acercaría demasiado a la de reposo. Si después de la pausa las pulsaciones disminuyeron en un número de 30 o 40, pero durante el trabajo aumentaron mucho más allá de lo esperado, será necesario prolongar la Pausa hasta que llegue a tener un máximo de 120 pulsaciones, antes de realizar la serie siguiente.

### Frecuencia cardíaca.

La **Fc. en reposo** se toma por la mañana, al despertarse. La posición más apropiada para hacerlo es permaneciendo acostado boca arriba, con piernas extendidas, y colocando los dedos índice y mayor sobre la arteria Carótida durante 60 segundos, o bien, dado el caso en que la persona se sienta ansiosa y esto provoque una aceleración del pulso, durante 30 segundos multiplicando la cifra por 2 .

Este procedimiento se realiza durante tres días consecutivos, sumando las cifras obtenidas, y se lo divide por tres, con el fin de establecer un promedio, ya que es posible que todos los días, la Fc. no sea la misma.

**Durante el ejercicio** es conveniente tomar la Fc. sobre la Arteria Radial, o bien sobre la Arteria Carótida. Se recomienda hacerlo sobre la Radial cuando se controla a otra persona, ya que sobre la Carótida podemos modificar el ritmo cardíaco debido a una exagerada presión ejercida sobre la misma.

En cuanto al tiempo de control, durante el ejercicio, será de 10'' y se multiplicará por 6 (**No durante 6" multiplicando por 10**).

### Cuatro casos que pueden presentarse durante el trabajo aeróbico

| Casos           |                | Procedimientos       |                    |
|-----------------|----------------|----------------------|--------------------|
| Trabajo         | Pausa          | Trabajo              | Pausa              |
| Fc. Muy elevada | No se recupera | Disminuir la Intens. | Prolongar la pausa |
| Fc. Muy elevada | Se recupera    | Disminuir la Intens. | Mantener la pausa  |
| Fc. Normal      | No se recupera | Igual Intensidad     | Prolongar la pausa |
| Fc. Normal      | Se recupera    | Igual Intensidad     | Mantener la pausa  |

\*Para **seleccionar el Contenido del Test**, debemos saber qué actividad física estuvo realizando en el último tiempo:

- Si es **Sedentario**: Caminata lenta
- Si toma clases de **Aeróbica, Step, Ritmos**, etc.: Caminata rápida
- **Musculación o Gimnasia Localizada**: Caminata intermedia
- Si **corre habitualmente**: correrá al mismo ritmo
- Si practica **Squash, paddle o tenis**, y nunca corre: Caminata rápida

### FORMULA DE KARVÖNEN

Esta fórmula es la que podemos utilizar para conocer cuál es la **Fc.** que le corresponde a cada nivel de **intensidad**, en lo que a consumo de oxígeno se refiere. Por ejemplo:

$$220 - \text{edad} = \text{Fc. Máx.}$$

$$220 - 20 = 200$$

$$\text{Fc. Máx.} - \text{Fc. de reposo} = \text{Fc. de reserva}$$

$$200 - 70 = 130$$

$$\text{Fc. de reserva} \times \text{intensidad} = x$$
$$130 \times 0.45 = 58.5$$

$$x + \text{Fc. de reposo} = \text{Fc. de entrenamiento}$$
$$58.5 + 70 = *128.5 \text{ Pulsaciones } x \text{ minuto}$$

Es decir que, de acuerdo al ejemplo, ésta persona de 20 años y 70 pulsaciones por minuto en reposo, cuando entrene al 45% de su máximo consumo de oxígeno (intensidad), deberá hacerlo manteniendo una Fc. de 129 pulsaciones por minuto.

\*cuando la cifra tiene decimales se toma la inmediatamente superior, si el número después de la coma es 5 ó mayor. Si es menor, el inmediato inferior.

### PERIODIZACION DEL ENTRENAMIENTO

Para la planificación de los entrenamientos se utiliza una macro-estructura (**macrociclo**), que es la que nos permitirá una periodización coherente de los estímulos de trabajo.

Este macrociclo puede estar compuesto por 6, 8, 12 ó más estructuras llamadas **mesociclos** (meses), y éstas a su vez, por estructuras más pequeñas, los **microciclos** (semanas de entrenamiento).

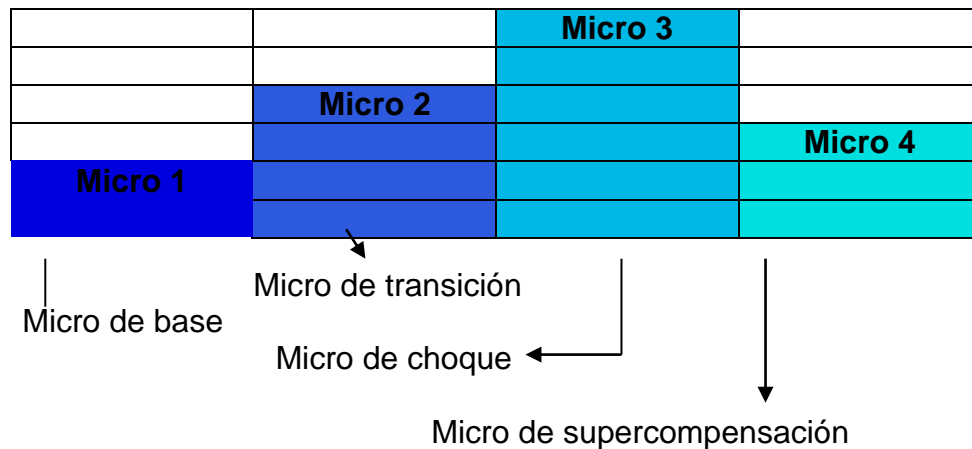
Cada microciclo estará formado por **sesiones** de entrenamiento, una o dos por día.

En el caso del Personal Trainer, no es conveniente programar macrociclos de más de 6 meses, a menos que se trate de un alumno verdaderamente constante con los entrenamientos.

### Componentes del estímulo o de la carga de trabajo

| Para trabajos Aeróbicos                                     |                   | Para Musculación                                            |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------|
| Tiempo o distancia a recorrer                               | <b>Volúmen</b>    | Nº de repeticiones a ejecutar                               |
| Relacionada con el Vo2máx.                                  | <b>Intensidad</b> | Relacionada con la Fuerza Máxima                            |
| Cantidad de estímulos semanales                             | <b>Frecuencia</b> | Cantidad de estímulos semanales                             |
| Relación trabajo / pausa                                    | <b>Densidad</b>   | Relación trabajo / pausa                                    |
| Sist. Energético predominante o duración total de la sesión | <b>Duración</b>   | Sist. Energético predominante o duración total de la sesión |

#### Estructura de un mesociclo



El micro de **choque**, es el mas “fuerte” de todo el mesociclo. Aquí se introduce un aumento en alguno de los componentes del estímulo. Esto irá de acuerdo con el objetivo planteado para ésta etapa del entrenamiento. Este procedimiento se realiza con la intención de provocar un mayor gasto energético en relación a las semanas (microciclos) anteriores.

Al micro de choque, le sigue el de **supercompensación**, en el que las cargas a utilizar serán intermedias entre la 1º y la 2º semana de trabajo, si el mesociclo es de 4 semanas , o bien, entre la 2º y 3º si es de más de 4. Ésto tiene como finalidad provocar un “**plus**” en la **reposición de sustratos energéticos** utilizados durante el ejercicio.

## **Gimnasia Localizada**

### **Objetivos**

- Mejorar la Resistencia Muscular Local Mixta.
- Mejorar el Tono muscular.
- Mejorar o mantener la Flexibilidad

### **Forma de entrenamiento**

Número de series: 1 a 3 por ejercicio.

Número de repeticiones: 16 como máximo, respetando los tiempos de la música, y dependiendo de la carga que se utilice.

Música: 120 a 130 bpm.

Velocidad del movimiento: moderada, variando la velocidad de ejecución de las fases concéntricas y excéntrica de los ejercicios.

### **Elementos a utilizar:**

Mancuernas: 1 a 5 kg

Tobilleras: 1 y 2 kg

Musleras: 5 Kg

Bandas Cortas y largas: Baja, media y alta densidad.

Barras: 4, 6, u 8 Kg.

Sillas: Para dificultar la mecánica del movimiento o ampliar el rango articular

Pelotas: Por ser un estímulo de baja intensidad no son muy utilizadas, excepto para adultos muy mayores.

Steps: Para dificultar la mecánica del movimiento o ampliar el rango articular

- Puede utilizarse también el peso del propio cuerpo (sentadillas, estocadas, extensiones de brazos, etc.)
- El trabajo en pareja es una variante más, utilizando como resistencia la fuerza de un compañero.

### **COMPONENTES DEL ESTIMULO DE ENTRENAMIENTO**

Si partimos de la idea de que un entrenamiento debe cumplir con el objetivo de romper el equilibrio orgánico (homeostasis) con el fin de que en él se produzcan adaptaciones, dicho entrenamiento debe ser progresivo y ordenado, lo que quiere decir que las improvisaciones en este terreno no nos llevan al logro de los cambios esperados.

Por lo tanto, debemos atender los siguientes puntos a la hora de planificar:

- V** Volumen (cantidad de repeticiones)
- I** Intensidad (el peso de la carga)
- F** Frecuencia (3 a 5 veces por semana)
- D** Duración (sistema energético predominante o tiempo total de la sesión)
- D** Densidad (pausa entre los estímulos)

Cada uno de estos componentes deben adaptarse al nivel de entrenamiento del grupo con el que trabajamos.

Pero cualquiera de estos niveles deben ser variados de a uno por vez, lo que significa que si aumentamos el volumen no podemos al mismo tiempo aumentar la intensidad. O, si aumentamos ésta última, no modificar la densidad reduciendo el tiempo de pausa.

Si trabajamos cuidadosamente y programamos un entrenamiento correcto, los primeros resultados se verán entre las 8 y 12 semanas de haber comenzado el mismo.

### **Estrategias de trabajo aplicados al entrenamiento personal**

- Trabajo de músculos adyacentes: incluir en una misma secuencia 2, 3 o 4 grupos musculares que pertenezcan a la misma articulación. ( Iniciados)
- Agonista / antagonista: flexores, extensores/ aductores, abductores, etc. de una misma articulación (Intermedios y Avanzados).
- Agonista: trabajar el mismo grupo muscular hasta casi su agotamiento. (Avanzados)
- Circuit Training: entrenamiento por estaciones. (para todos los niveles)

Cada una de estas estrategias deberá adaptarse al nivel de entrenamiento del grupo. Por ejemplo: en nivel iniciado lo más recomendable es “Músculos Adyacentes”, de ninguna manera optar por la modalidad “Agonista”.

Otras estrategias para variar los estímulos:

- Variar la velocidad de los movimientos.
- Variar el ángulo de las palancas.
- Utilizar más de un elemento en cada ejercicio.
- Adicionar sustentación: por ejemplo en el trabajo de glúteos, sostener el muslo arriba por unos segundos.
- Variar la combinación de ejercicios para un mismo grupo muscular.
- Utilizar una serie de pre-agotamiento

### **LA CLASE DE LOCALIZADA**

La clase de localizada se divide en tres segmentos:

**Entrada en calor:** 10 a 15 minutos (ver módulo “Aeróbicos”)

**Actividad central:** 40 minutos

**Vuelta a la Calma:** 10 a 15 minutos

#### **Objetivos de la actividad central:**

Mejorar la resistencia muscular local y el tono muscular.

A diferencia de los objetivos de la entrada en calor que deben cumplirse mientras ésta transcurre (objetivos inmediatos), los del segundo segmento se logran a largo plazo (objetivo mediatos) . Entre ocho y doce semanas de iniciado el entrenamiento.

#### **Contenidos:**

Ejercicios localizados para “los grupos musculares principales” del Tren Superior e Inferior utilizando cargas externas.

Estos podrían realizarse en forma individual, en parejas, tríos, etc.

También puede implementarse un trabajo en circuito (Local Circuit) que puede o no contar con un segmento aeróbico al completar cada ronda, y que se adaptará al nivel del entrenamiento del grupo.

Además de los ejercicios programados para mejorar la resistencia, puede incluirse en este segmento, ejercicios de estiramiento para todos los músculos implicados en la actividad.

### **Vuelta a la calma:**

Algo de técnica...

El empleo de una técnica correcta durante la ejecución de los ejercicios nos garantiza una eficiencia mecánica óptima, a la vez que minimiza el riesgo de lesiones. Para esto es necesario partir de una postura adecuada, si entendemos la relativa acomodación de los diferentes segmentos corporales acorde al movimiento a realizar.

Es por eso que es conveniente analizar aquí lo que conocemos como **posición inicial** (PI) válida para otras técnicas como aeróbica, step, etc. que es la que nos va a permitir mantener un control postural adecuado y cuyos puntos principales a tener en cuenta son:

Pies:

- Su apoyo debe ser completo
- Estarán separados un poco más allá del ancho de los hombros a fin de asegurar una buena base de sustentación
- Su orientación será de algo menos de 45° respecto al eje del cuerpo.

Rodillas:

- Alineadas con los pies y desbloqueadas, o sea, que toman una posición intermedia entre la flexión y la extensión (nunca hiperextendidas)

Pelvis / zona Lumbar:

- La contracción de los músculos abdominales y glúteos a fin de mantener a la pelvis en el eje, evitando acentuar o disminuir la curvatura lumbar.

Columna Dorsal / Cervical:

- La posición erguida va a estar correctamente ajustada si tenemos en cuenta que los hombros deben estar flojos hacia atrás y abajo, a fin de no tensionar la zona alta del trapecio. Además, debemos tomar como punto de referencia al esternón que debe proyectarse hacia adelante para evitar la cifosis dorsal excesiva. El mentón levemente hacia adentro y atrás, para no exagerar la curvatura cervical.

Esta posición inicial va a tener que **transferirse total o parcialmente** en tanto nos encontremos sentados, apoyados sobre antebrazos y rodillas, o bien de pie, con el tronco inclinado y de frente al suelo, etc. Ésta adaptación consiste en mantener siempre la contracción de abdominales y glúteos y la alineación de la columna cervical, dorsal, y ambos hombros en la misma línea como también los coxales entre sí.

Si a esto le sumamos tomar la precaución de no hiperextender las articulaciones de codo y rodillas, no realizar rotaciones bruscas con el tronco, y, durante la flexión de rodillas que ésta no se adelante al pie (no lo sobrepase), tendremos elementos suficientes como para asegurar una mecánica de trabajo óptima que preserve la salud de nuestras articulaciones.

## **CIRCUIT TRAINING**

Es un sistema de entrenamiento empleado para el desarrollo de la resistencia a la fuerza, velocidad, flexibilidad, etc; creado por Morgan y Adamson en 1953 (Inglaterra).

Consiste en la organización sucesiva de estaciones que oscilarán entre 6 y 12, por las que los participantes deberán pasar hasta completar el circuito o, lo que llamamos una ronda.

### **Modalidad**

- 1- Por tiempo
- 2- Por repeticiones

La modalidad más utilizada, sobre todo en grupos numerosos, es la primera, ya que no requiere de un test previo, estimándose el tiempo mínimo para quienes son iniciados entre 30 a 40 segundos, y 1´ para mas avanzados.

Además esta modalidad permite la participación de alumnos de diferentes niveles de entrenamiento dentro del mismo circuito, ya que quienes estén menos preparados podrán utilizar el tiempo que resta en cada estación para recuperarse, si bien esto no es necesario en un circuito de gimnasia localizada, por utilizarse intensidades muy bajas (entre el 20y 30% aprox.)

Con respecto a la 2º modalidad, debe tomarse previamente un test de fuerza máxima, lo que hace que se deba disponer de más tiempo para su organización.

### **- Circuito para Gimnasia Localizada**

**Objetivo:** Mejorar la resistencia muscular local y el tono muscular

**Número de estaciones:** entre 10 y 13 para poder cubrir todos los grupos musculares (sin pausa entre ellas)

**Número de rondas:** 2 o 3, sin pausa intermedia

**Tiempo en cada estación:** 30´´ a 1´

#### Algunas consideraciones:

Para el circuito de local, las estaciones pueden organizarse de la siguiente manera:

- Músculos Agonista / Antagonista
- Tren Superior / Tren Inferior
- No es conveniente incluir ejercicios demasiado complejos.
- Tener en cuenta que deben seleccionarse aquellos ejercicios que permitan ejercitar ambas piernas o brazos a la vez.
- Evitar cambios de posición muy bruscos entre estaciones.

### **- Circuito Aeróbico**

**Objetivo:** mejorar la resistencia cardiovascular

**Número de estaciones:** entre 10 y 13, alternando una estación de trabajo localizado con una de aeróbicos de bajo impacto.

**Tiempo en cada estación:** 30´´

**Número de rondas:** 2 o 3, sin pausa entre ellas

#### Organización de un circuito:

Disponer de un espacio lo suficientemente amplio para trabajar con

comodidad.

Identificar cada estación con carteles que indiquen:

- Número de la estación
- El ejercicio a realizar
- El elemento a utilizar
- 

De ésta manera, los participantes pueden colaborar en el armado del circuito con el fin de acortar los tiempos.

Debemos asegurarnos de contar con todos los elementos: steps, bandas, mancuernas, etc.

### **Metodología:**

Una vez armado el circuito, el instructor pasará por cada estación mostrando con técnica precisa cada ejercicio a realizar, puntualizando los aspectos técnicos más relevantes de cada una, con pautas breves y claras. Inmediatamente después que el instructor deja una estación, ésta será ocupada por quienes van a iniciar allí el circuito, para evitar confusiones después de la entrada en calor.

El instructor indicará claramente el sentido de la rotación del circuito; y recién después empezará la entrada en calor.

**\*Previo al inicio del trabajo en las estaciones debe realizarse una entrada en calor de no menos de 10 minutos y al finalizar el trabajo en las mismas, la vuelta a la calma.**