

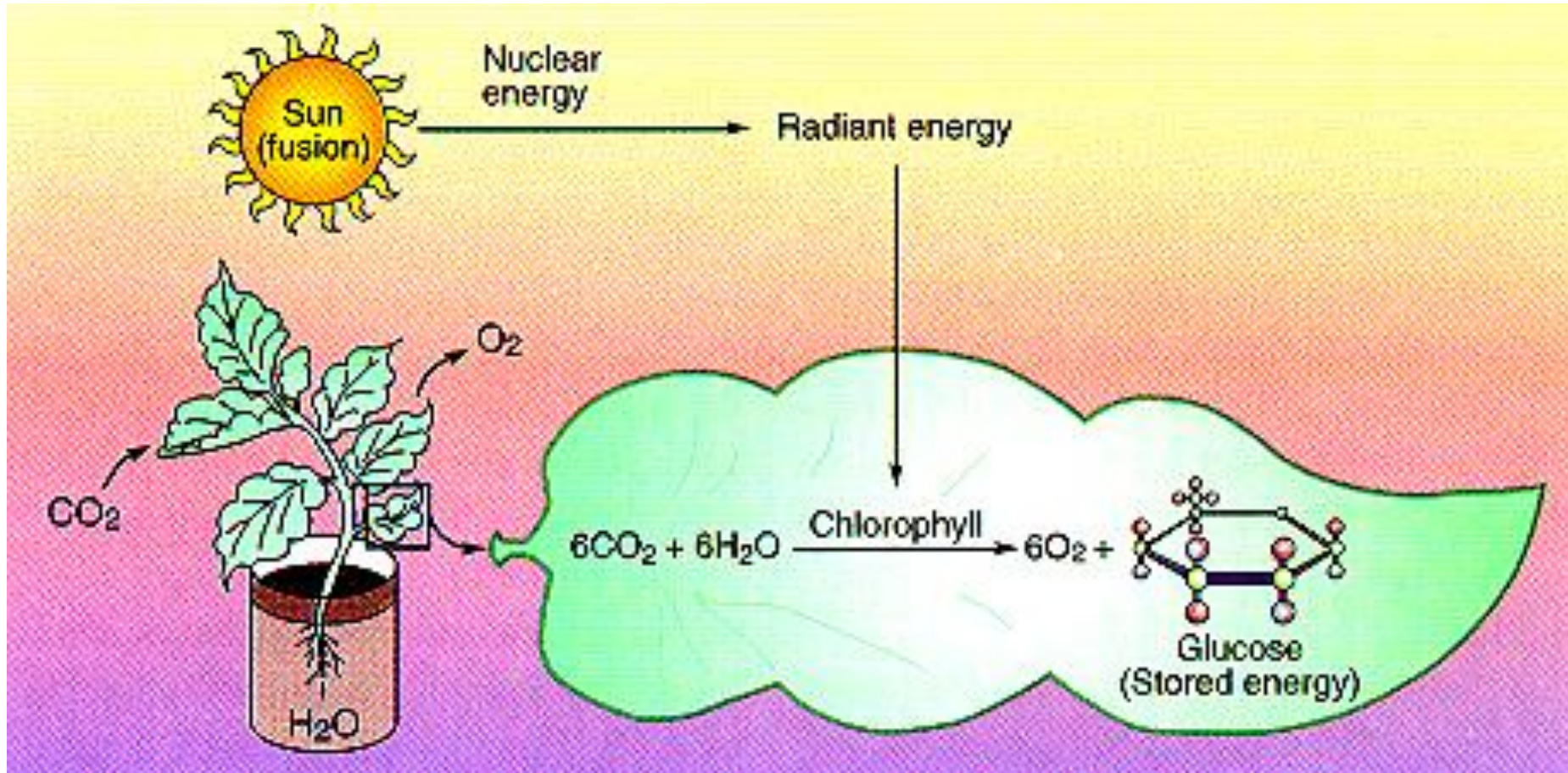
METABOLISMO CELULAR Y FUENTES BIOQUÍMICAS DE ENERGÍA DURANTE EL EJERCICIO AGUDO

Prof. Edgar Lopategui Corsino
M.A., Fisiología del Ejercicio



Saludmed 2023, por [Edgar Lopategui Corsino](#), se encuentra bajo una licencia "[Creative Commons](#)", de tipo: [Reconocimiento-NoComercial-Sin Obras Derivadas 3.0. Licencia de Puerto Rico](#). Basado en las páginas publicadas para el sitio Web: www.saludmed.com.

ORIGEN DE LA ENERGÍA



EL CICLO BIOLÓGICO DE LA ENERGÍA



ENERGÍA

```
graph TD; E[ENERGÍA] --> P[Potencial:]; E --> C[Cinética:]; E --> EQ[Energía Química:];
```

Potencial:

- **Energía Almacenada dentro de un Sistema**
- **Aquella que es Capaz de Realizar Trabajo**

Cinética:

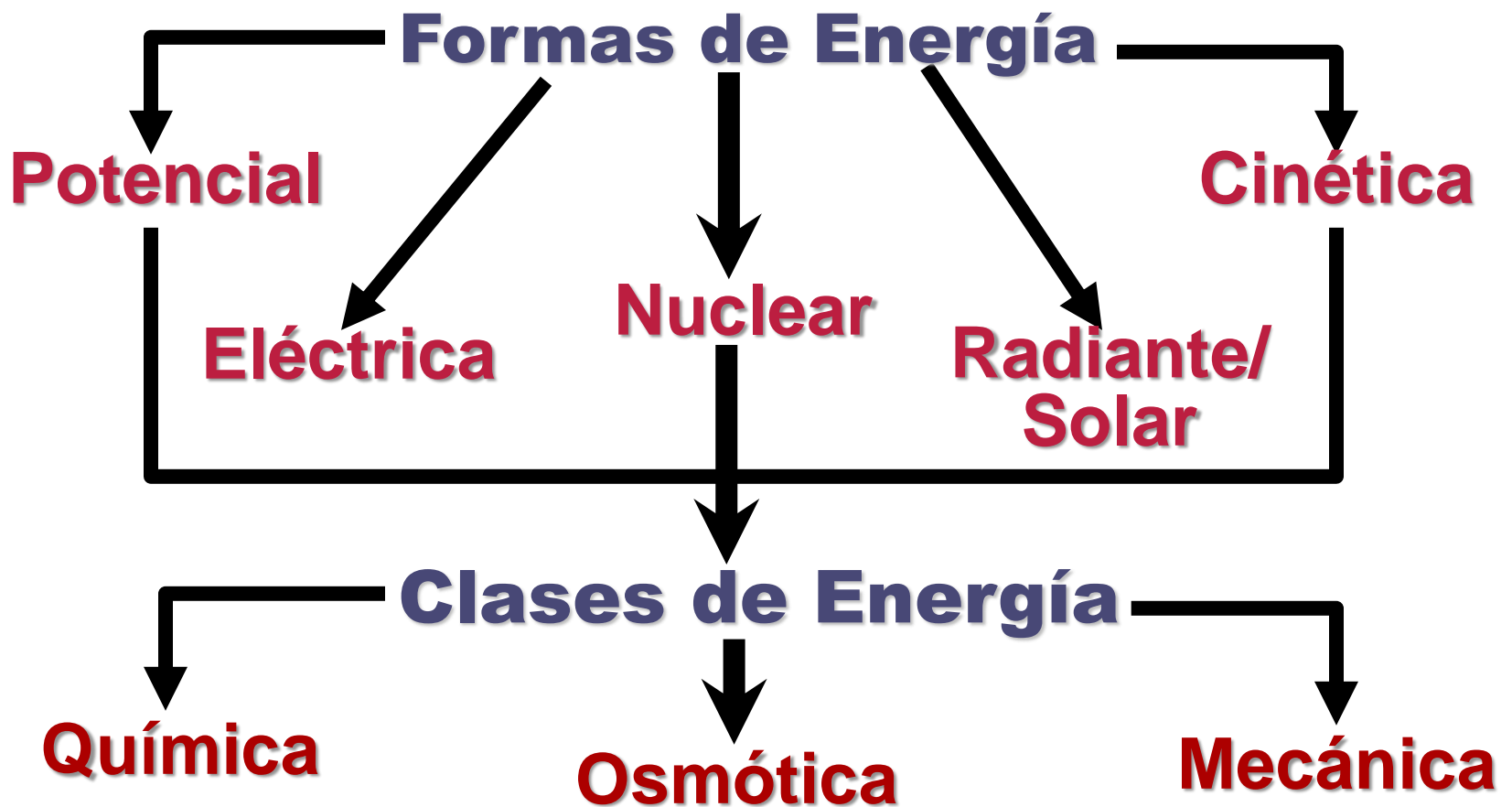
- **Forma Activa de la Energía**
- **Energía en el Proceso de Realización de Trabajo**

Energía Química:

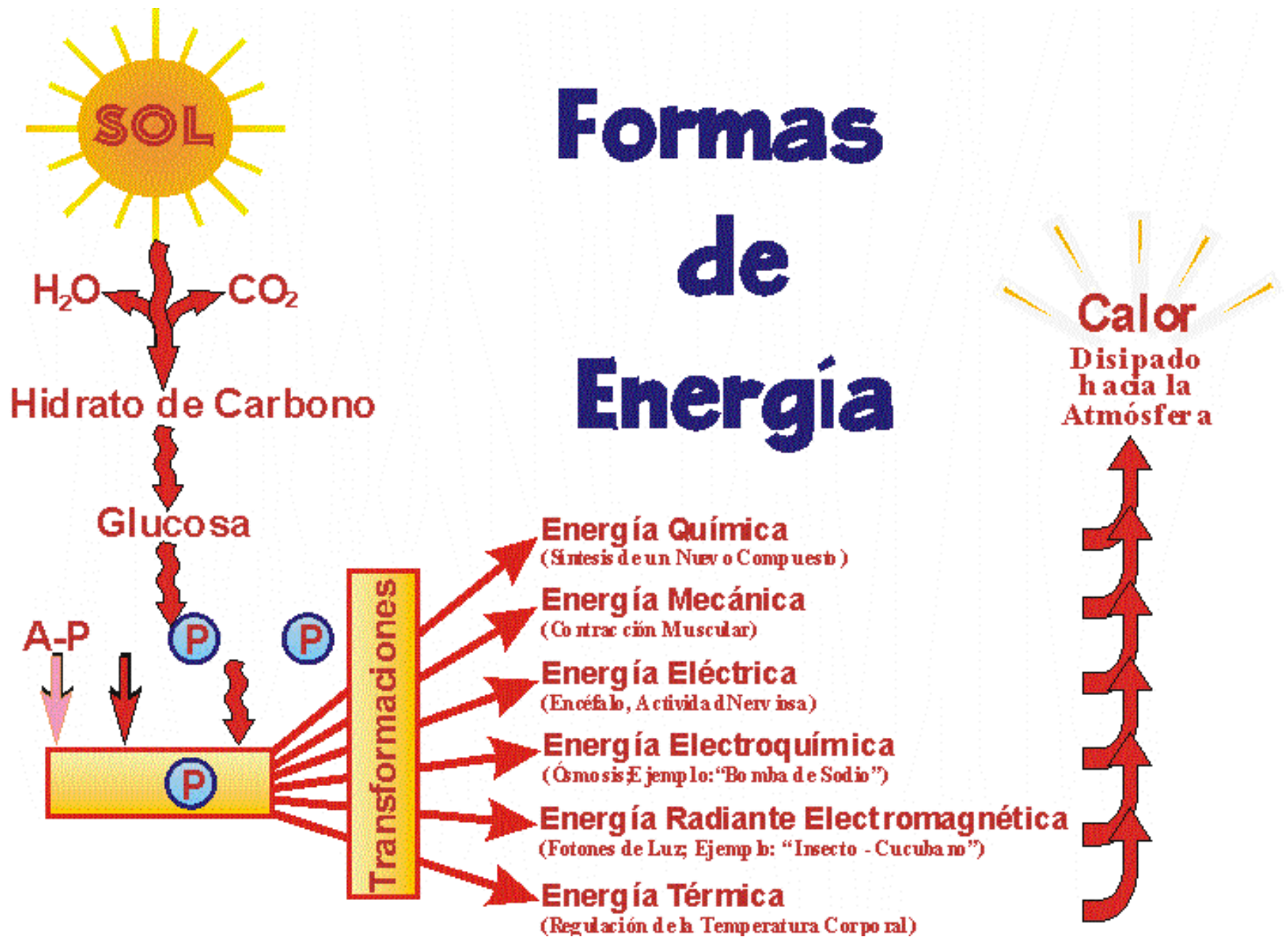
- **Aquella Almacenada en Moléculas Químicas**
- **Ejemplo: La Célula Muscular**

ENERGÍA

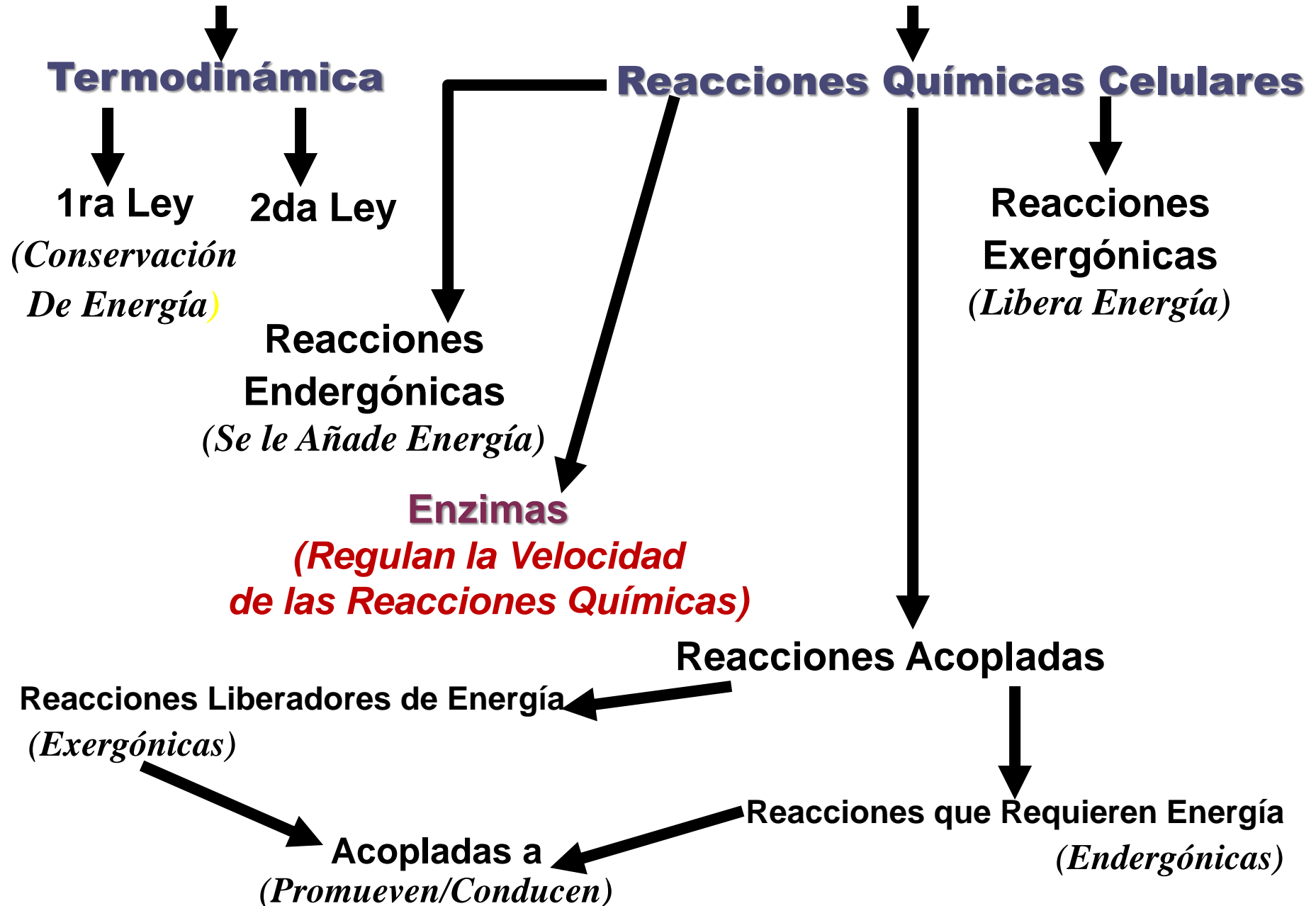
Capacidad para Efectuar Trabajo



Formas de Energía



TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE ENERGÍA



REACCIONES QUÍMICAS

Transforma la Energía de las Sustancias Nutricias
A una Forma

Biológicamente Utilizable

Reacciones Endergónicas

Aquellas Reacciones
que Requiere que se
le Añada Energía a
los Reactivos

Se le Suma Energía
*(Contiene más Energía Libre
Que los Reactivos Originales)*

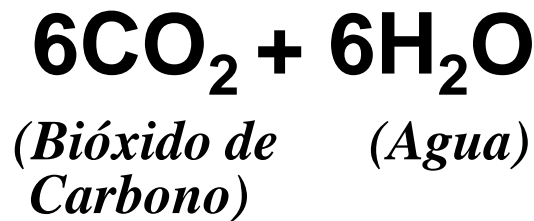
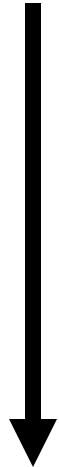
Reacciones Exergónicas

Aquellas Reacciones que Liberan
Energía como Resultado de los
Procesos Químicos

Se Libera Energía



Se Degrada
Vía
Oxidación Celular



(Producto)

Se
Libera
Energía Libre
(Reacción Exergónica)

Reacciones Exergónicas:

**Reactante
(Sustratos)**
↓
Productos

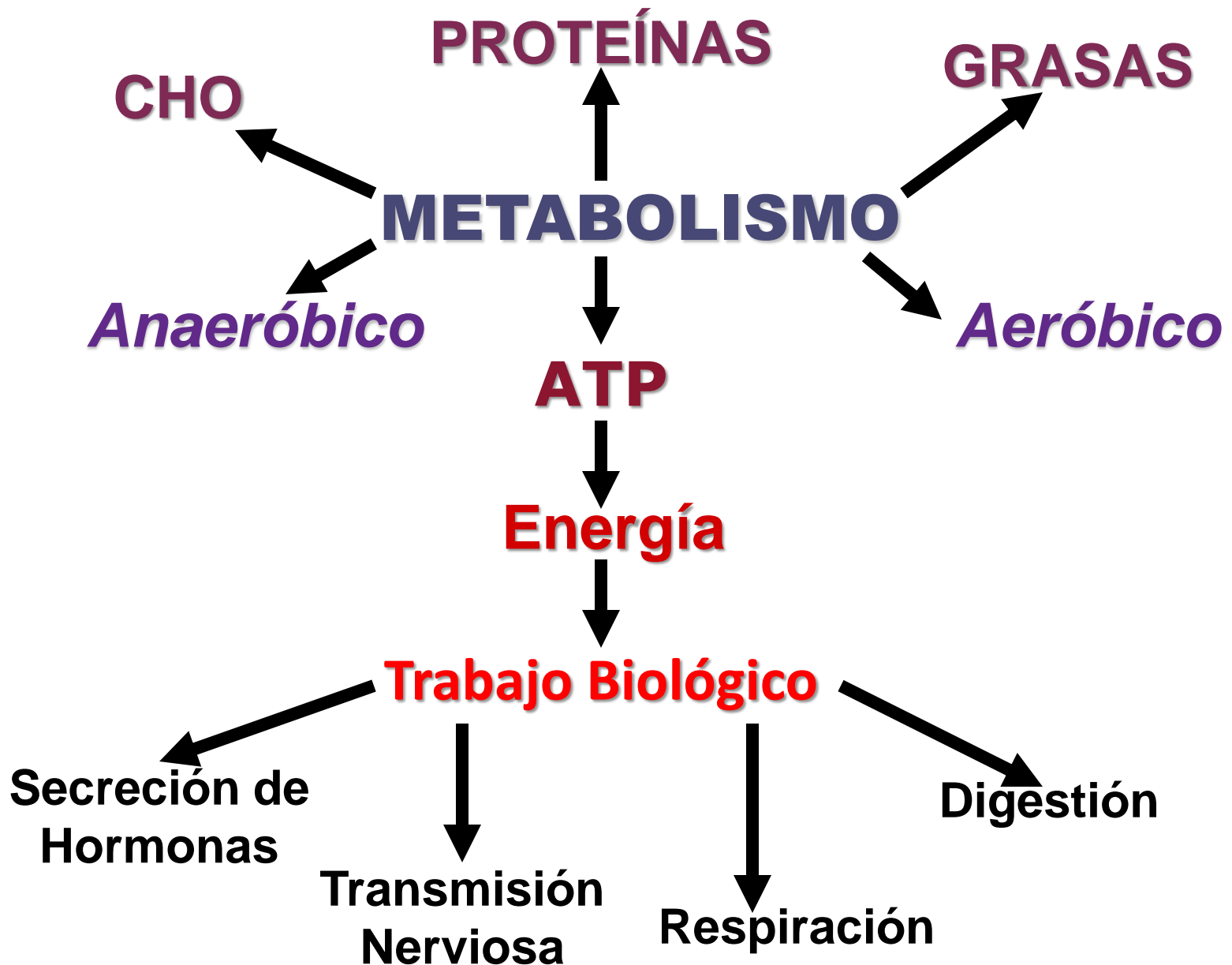
**Energía
Libre**

Dirigida a Conducir

Reacciones Endergónicas:

**Reactante
(Sustratos)**
↑
Productos

EL ACOPLAMIENTO DE LAS REACCIONES EXERGÓNICAS Y ENDERGÓNICAS



REACCIONES ACOPLADAS



Reacciones Asociadas, en la cual la Energía Libre de una Reacción (Exergónica) es utilizada para Conducir/Dirigir una Segunda Reacción (Endergónica)

Reacciones Exergónicas



↑ Energía Libre



Dirigida a Conducir las



Reacciones Endergónicas

**Reacciones Liberadoras
de Energía**



Acopladas



**Reacciones que
Requieren Energía**

METABOLISMO CELULAR



CATABOLISMO:

- Proceso de Descomposición
- Fragmentación de Moléculas Grandes a Moléculas Pequeñas con la Liberación de Energía y Calor



HOMEOSTASIS:

Balance Constante entre el Catabolismo y Anabolismo

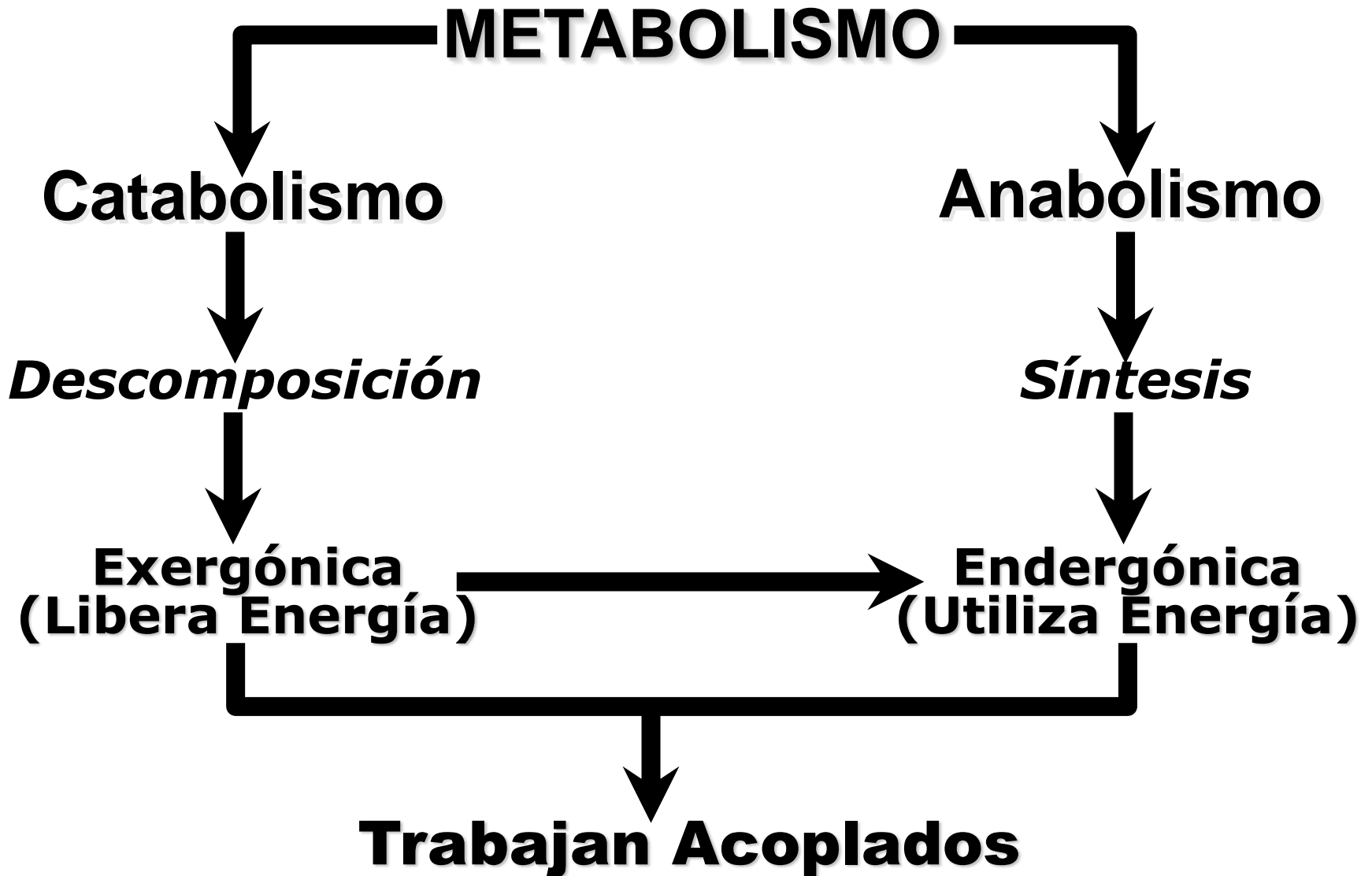


ANABOLISMO:

- Proceso de Síntesis
- Recurre a Energía para Elaborar Moléculas Mayores a Partir de Moléculas Pequeñas

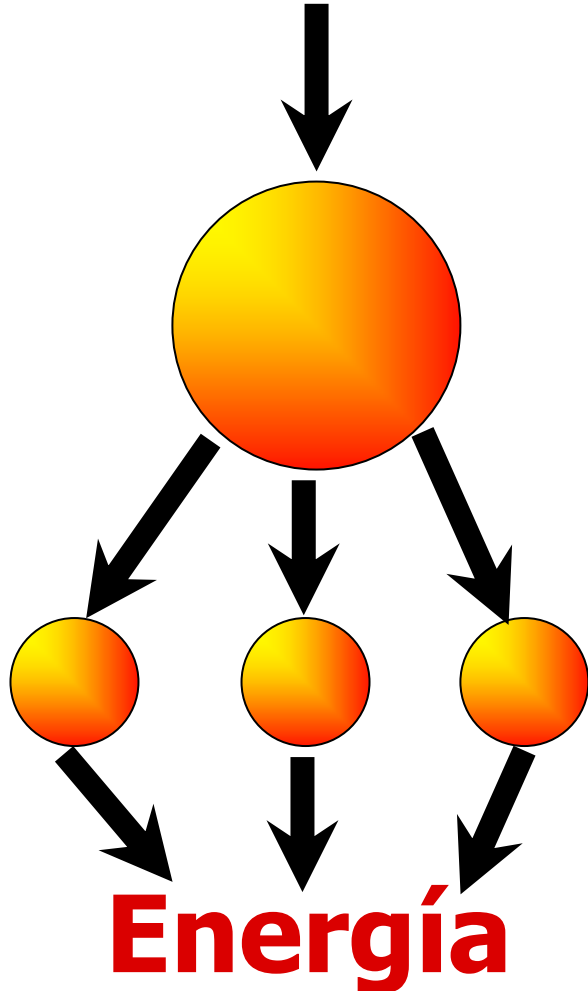


SISTEMAS ENERGÉTICOS BÁSICOS

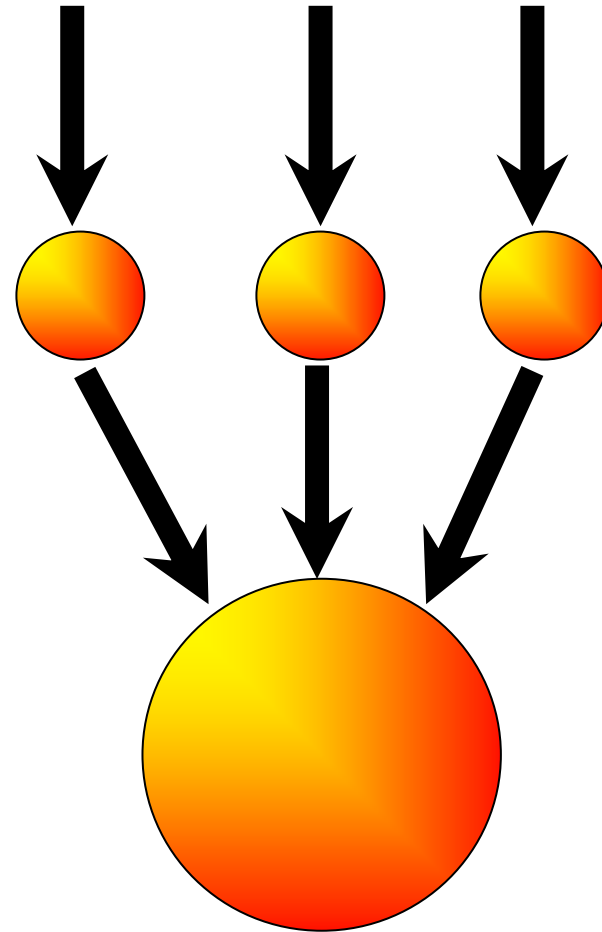


METABOLISMO CELULAR

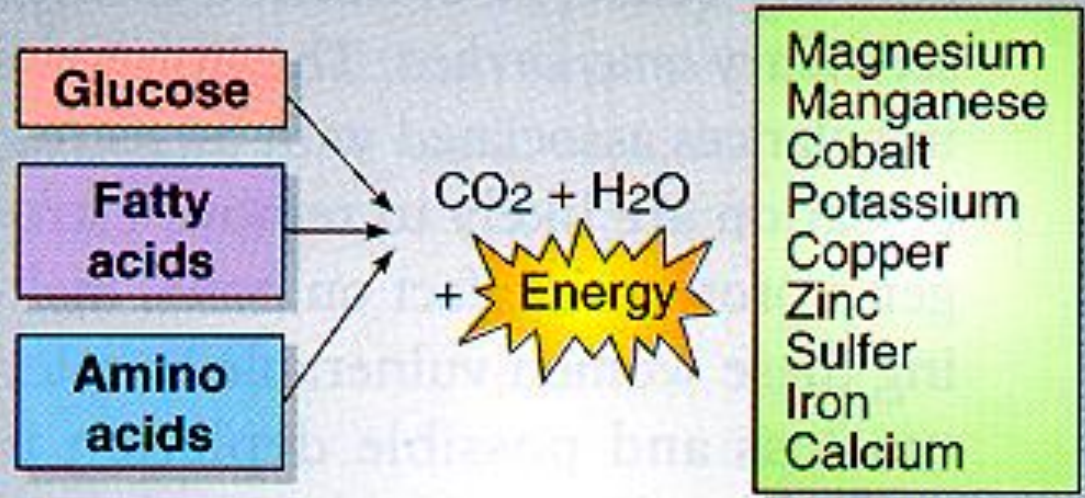
Catabolismo



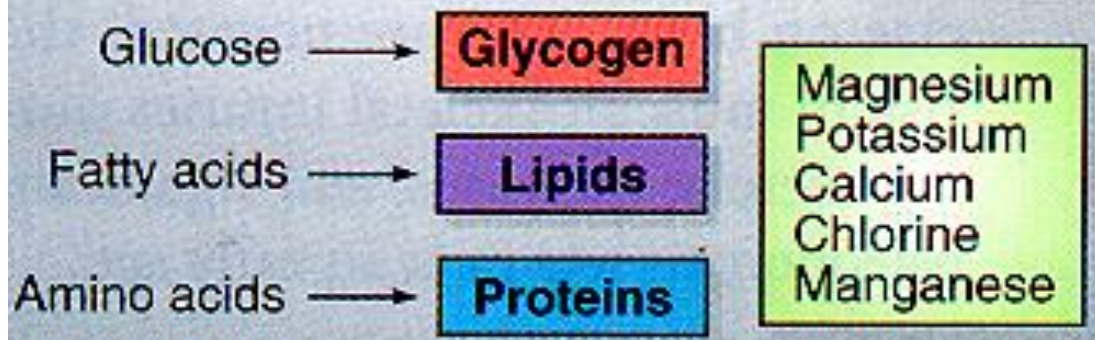
Anabolismo

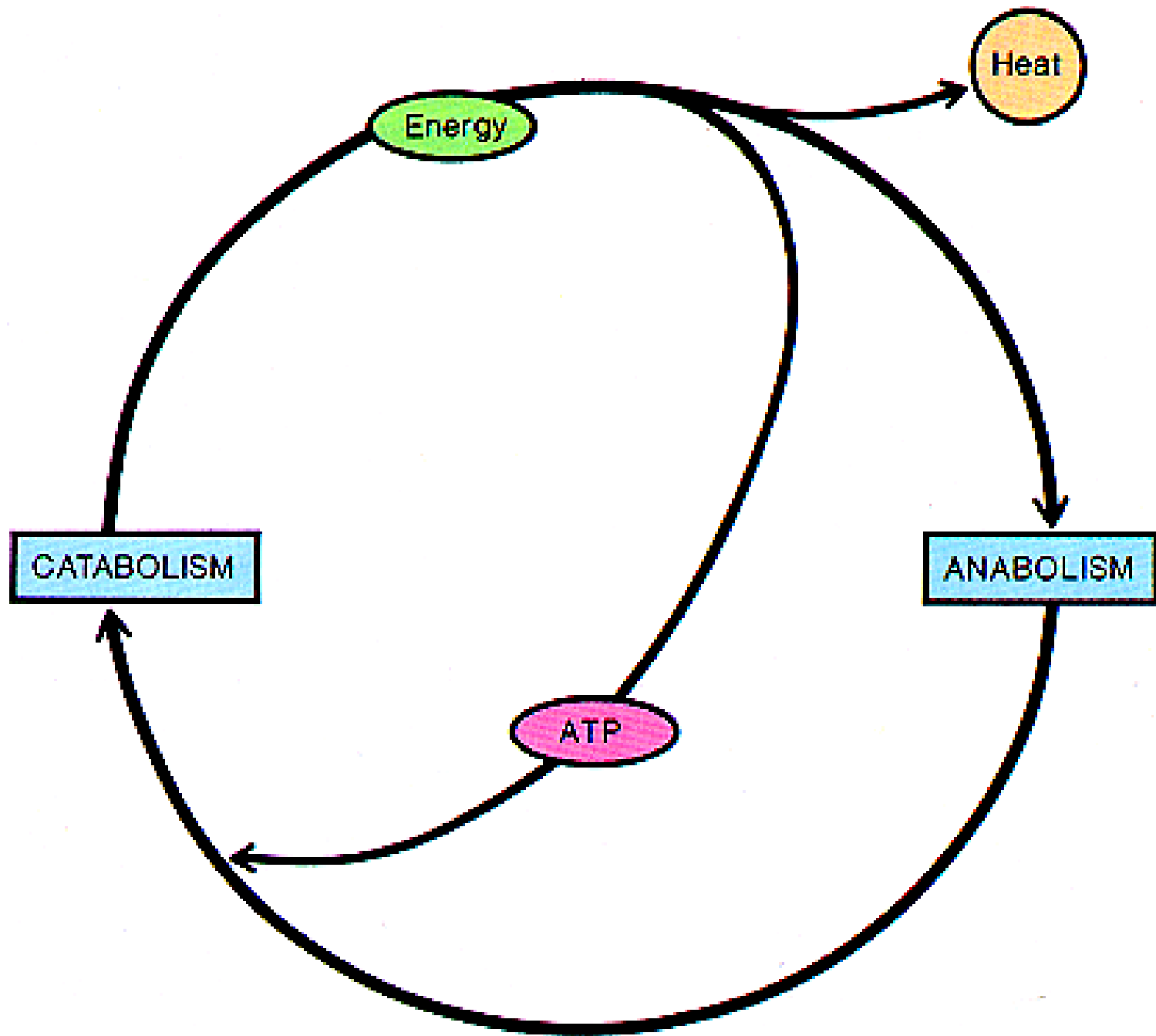


CATABOLISM (breakdown)



ANABOLISM (buildup)





FUENTES ENERGÉTICAS

FUENTES PRIMARIAS DE ENERGÍA



Sinónimos:

- **Sustratos**
- **Combustibles Metabólicos**
- **Sustancias Nutricias**
- **Macromoléculas**



Ejemplos



Macromoléculas:

CHO
PRO
Grasas



Sustratos:

ATP
PCr

ENZIMAS

* PROTEINAS CATALIZADORAS *

ENZIMA

Cataliza
la mayoría de las
reacciones
en las células del
organismo humano

NOTA. Adaptado de: *Biochemistry*. Vol. 1 (p. 511), por J. T. Tansey, 2019, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. Copyright 2019 por John Wiley & Sons, Inc.

SUSTRATO
(Reactante)

Se Une a

La Enzima

**Complejo
Enzima-Sustrato**

↓ **Energía Requerida para la Activación**

**Se Completa con Mayor Facilidad la
Reacción Química**

Se Separan/Dividen

La Enzima

El Producto

SUSTRATO



Reactante



↓ La Energía Requerida para la Activación } Reacción Catalizada Por la Enzima



↑ Número de Moléculas que Poseen Suficiente Energía para Participar en la Reacción



↑ Velocidad de la Reacción (Se Acelera la Reacción)



↑ Disponibilidad de la Energía Liberada Por la Reacción

ENZIMAS

*** EJEMPLOS ***

Dehidrogenasa Láctica

 **Función:**

Cataliza la Conversión del Ácido Láctico a Ácido Pirúvico y Viceversa



FUENTES ENERGÉTICAS

ALIMENTOS

Constituyentes Principales

Compuestos Relacionados con las Reacciones Metabólicas

Hidratos de Carbono

Lípidos (Grasas)

Proteínas (Prótidos)

Elementos que Contienen

Carbono (C)

Hidrógeno (H₂)

Oxígeno (O₂)

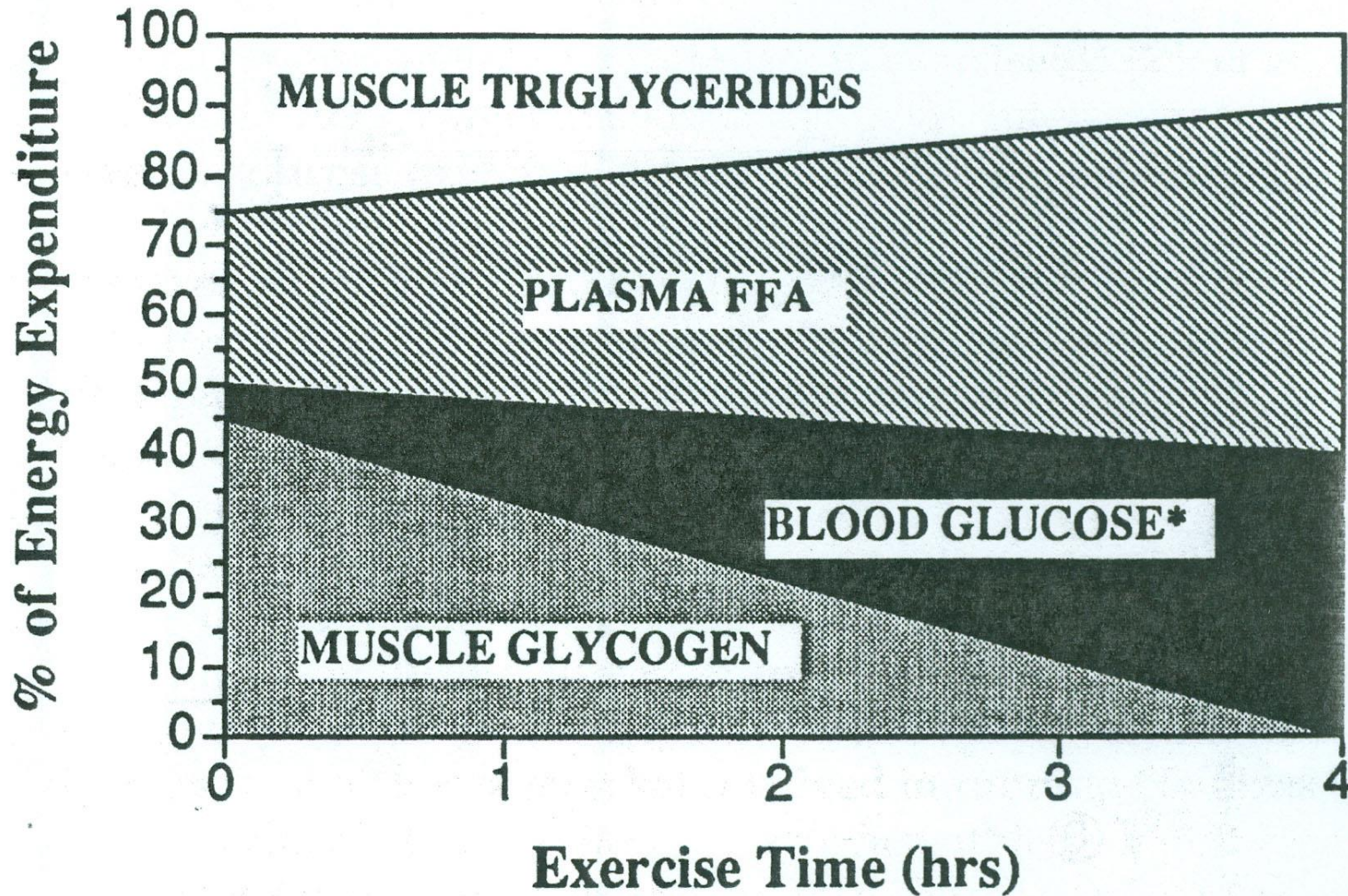
Nitrógeno (N₂)

SUSTRATO ENERGÉTICO METABOLIZADO PREFERENCIA SEGÚN LA: *Intensidad del Ejercicio*

INTENSIDAD	COMBUSTIBLE METABÓLICO UTILIZADO
< 30% VO_2 máx	Principalmente las Reservas Musculares de Grasa
40 - 60% VO_2 máx	Se Utilizan Equitativamente las Grasas y los CHO
75% VO_2 máx	Principalmente los CHO
80% VO_2 máx	Cerca del 100% de los CHO

NOTA. Adaptado de: *The Sports Medicine Fitness Course*. (p. 141), por N. Ratamess, 1986, Palo Alto, CA: Bull Publishing Co.. Copyright 1986 por Bull Publishing Co.

UTILIZACIÓN RELATIVA DE LOS PRINCIPALES CUATRO SUSTRATOS: DURANTE UN EJERCICIO PROLONGADO: 65-75% del VO_2 máx



NOTA. Reproducido de: "Fuels for Sports Performance," por E. F. Coyle. En *Optimizing Sports Performance. Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, Vol. 10.* (p. 111), por D. R. Lamb, & R. Murray (Eds.), 1997, Carmel, IN: Cooper Publishing Group. Copyright 1997 por Cooper Publishing Group.

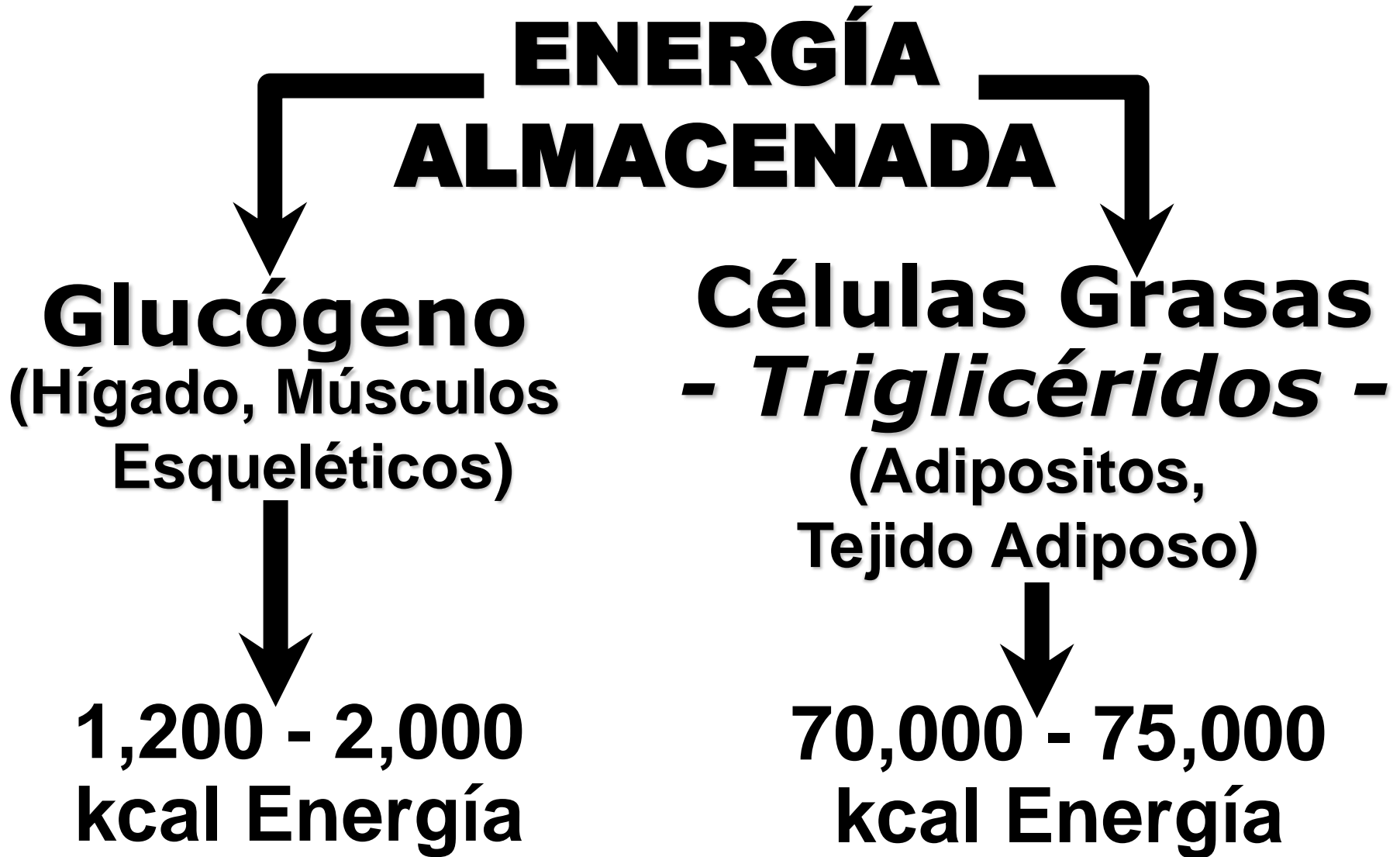
Carbohydrate

1 g of $C_6H_{12}O_6$



4 kcal energy

FUENTES ENERGÉTICAS



LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO

Los Hidratos de Carbono

Estructura Química:

Átomos de: Carbono, Hidrógeno
y Oxígeno (CHO)

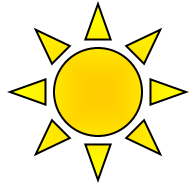
Función más Importante:

Provee Energía: 4 kcal de Energía por cada
Gramo de Hidratos de Carbono

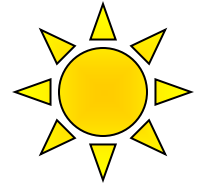
Tipos/Clasificación:

- **Monosacáridos: 4 Azúcares Simples**
- **Disacáridos: Dos Monosacáridos**
- **Polisacáridos: Hidratos de Carbono Complejos**

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Los Hidratos de Carbono



**Tipos/Clasificación **

Monosacáridos

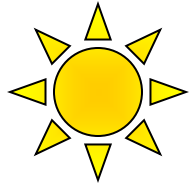
(Azúcares Simples)

Glucosa
(en Sangre)

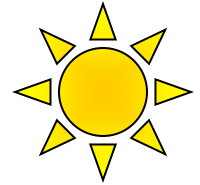
Galactosa
(en Glándulas
Mamarias)

Fructosa
(Frutas, Miel
de Abeja)

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Los Hidratos de Carbono



**Tipos/Clasificación **

Disacáridos

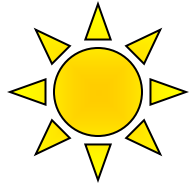
(Dos Mososacáridos)

Sucrosa/Sacarosa
(Caña de Azúcar)

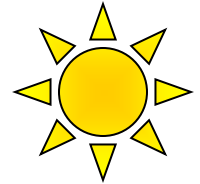
Lactosa
(Leche)

Maltosa
(Digestión CHO)

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Los Hidratos de Carbono



**Tipos/Clasificación **

Polisacáridos

(Hidratos de Carbono Complejos)



Almidones

(Granos, Tubérculos)



Celulosa
(Fibra)



Glucógeno

**(Reservas de
Energía en
Músculos e
Hígado)**

HIDRATOS DE CARBONO (*GLÚCIDOS*)

HIDRATOS DE CARBONO
($C_6H_{12}O_2$) (4 kcal/g)

Tipos

**Polisacáridos/
Complejos**

**Glucógeno
(Reservas)**

**Hígado
(Hepático)**

**Músculos
Esqueletales
(Muscular)**

2,000 kcal

**Energía Rápida Deportes de Tolerancia
(Actividad Muscular Intensa)**

**Monosacáridos/
Simples**

Glucosa

**Transportada
en la
Sangre**

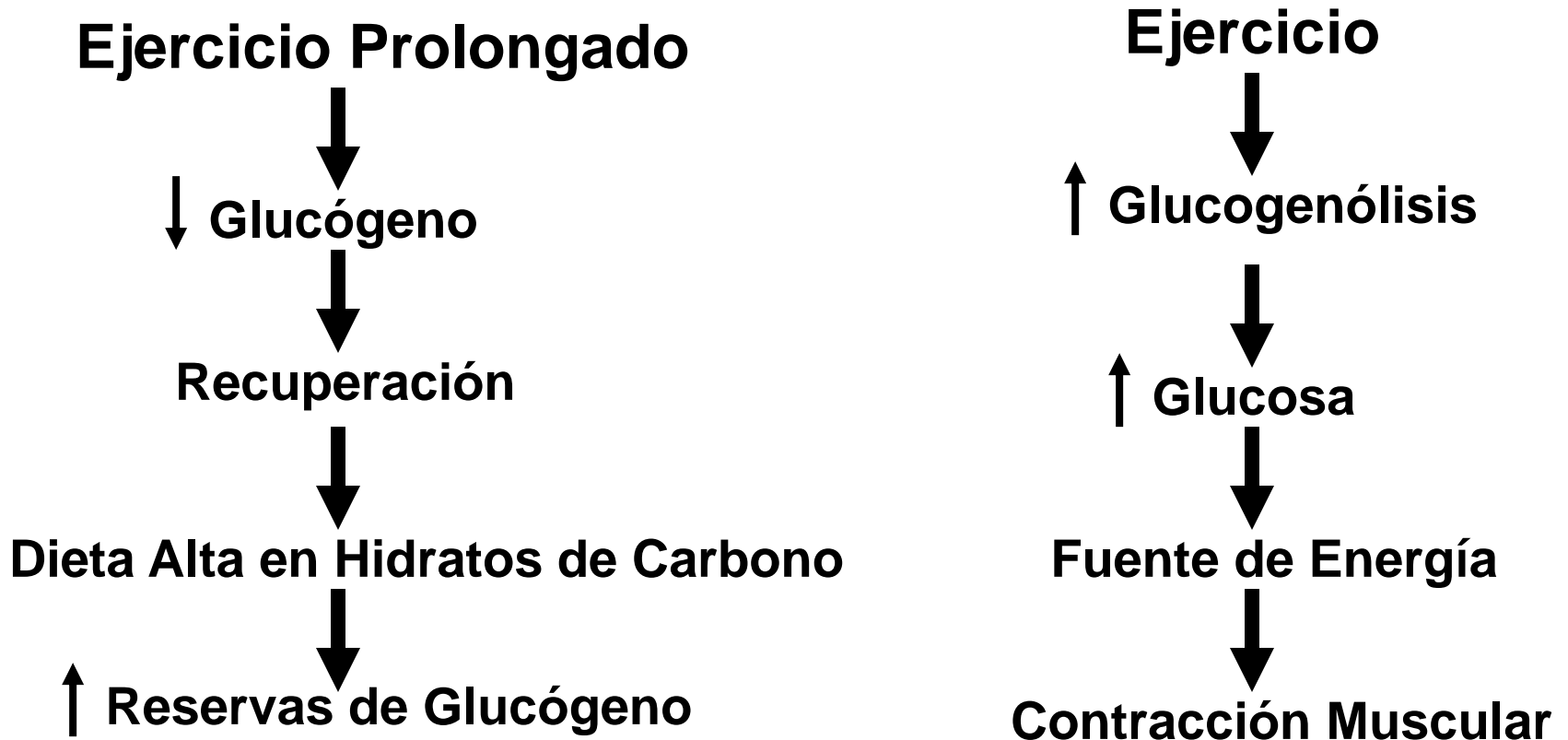
LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Los Hidratos de Carbono: *Tipos/Clasificación*



Polisacáridos – Glucógeno - *Importancia:*



HIDRATOS DE CARBONO

*** SUSTRATOS METABÓLICOS ***

CHO

Hidratos de Carbono

HIDRATOS DE CARBONO

* SUSTRATOS METABÓLICOS *

AZÚCARES

Monosacáridos

Y

Disacáridos

NOTA. Tomado de: “Components of nutritional biochemistry: carbs and lipids,” Por S. S. Sripathi, 2019. En *Biochemistry in nutrition*. 2da. ed., (p. 342), por P. Pandey & S. Sanjeevi (Eds.), 2019, Canada: Arcler Press. Copyright 2019 Arcler Press.

HIDRATOS DE CARBONO

* SUSTRATOS METABÓLICOS *

GLUCOSA

Azúcar simple (monosacárido),
hallada en las frutas,
la cual representa la
fuerza de energía principal
para el organismo humano,
presente en la ***sangre***

NOTA. Adaptado de: *Mosby's medical dictionary*. 10ma. ed.; (p. 772), por Mosby, 2017, St. Louis, MO: Elsevier Inc. Copyright 2017 por Elsevier Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* SUSTRATOS METABÓLICOS *

GLUCÓGENO

CHO complejo (polisacárido), el cual
representa el estado químico en que se
almacenan los CHO

en el organismo humano,

presente como reservas de energía en los

músculos esqueléticos, hígado

y, en menor cantidad, en los *riñones y encéfalo*

NOTA. Adaptado de: *Mosby's medical dictionary*. 10ma. ed.; (p. 775), por Mosby, 2017, St. Louis, MO: Elsevier Inc. Copyright 2017 por Elsevier Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

GLUCOGÉNESIS

La
conversión de *glucosa*
a
glucógeno

NOTA. Tomado de: *A quick guide for clinical biochemistry.* (p. 100), por M. Essa (Ed.), 2019, New York: Nova Science Publishers, Inc.
Copyright 2019 por Nova Science Publishers, Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

GLUCONEOGÉNESIS

La *formación* de **glucosa** de fuentes no asociados a los hidratos de carbono, como lo son los **aminoácidos, glicerol o lactato**

NOTA. Tomado de: *A quick guide for clinical biochemistry.* (p. 100), por M. Essa (Ed.), 2019, New York: Nova Science Publishers, Inc. Copyright 2019 por Nova Science Publishers, Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

GLUCOGÉNICO

Aminoácidos
que contribuyen a la
gluconeogénesis

NOTA. Adaptado de: *Biochemistry*. Vol. 1 (p. 511), por J. T. Tansey, 2019, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. Copyright 2019 por John Wiley & Sons, Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

CICLO DE GLUCOSA-ALANINA

Vía metabólica donde la ***alanina*** del músculo se usa para transportar ***grupos amino*** al hígado.

En el hígado, los grupos de amino se desintoxican a través del ciclo de la urea y los ***esqueletos de carbono*** se utilizan en la ***gluconeogénesis***

NOTA. Adaptado de: *Biochemistry*. Vol. 1 (p. 511), por J. T. Tansey, 2019, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. Copyright 2019 por John Wiley & Sons, Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

LANZADERA DE GLUCOSA-ALANINA

Nombre del proceso metabólico a través del cual los ***desechos nitrogenados*** generados en el músculo se transfieren a ***piruvato***, lo cual ***genera alanina***.

La ***alanina***, a su vez, se transporta al hígado donde se ***desamina*** y el ***piruvato*** probablemente se usa en la ***gluconeogénesis***

NOTA. Adaptado de: *Biochemistry*. Vol. 1 (p. 511), por J. T. Tansey, 2019, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. Copyright 2019 por John Wiley & Sons, Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

GLUCOGENÓLISIS

**El degradamiento del *glucógeno*
a *glucosa*
u otros
productos intermediarios**

NOTA. Tomado de: *A quick guide for clinical biochemistry.* (p. 100), por M. Essa (Ed.), 2019, New York: Nova Science Publishers, Inc.
Copyright 2019 por Nova Science Publishers, Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

GLUCÓLISIS

La *conversión* de *glucosa*
u otras hexosas
a *lactato*
o *piruvato*

NOTA. Tomado de: *A quick guide for clinical biochemistry.* (p. 100), por M. Essa (Ed.), 2019, New York: Nova Science Publishers, Inc.
Copyright 2019 por Nova Science Publishers, Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* PROCESOS HORMONALES *

GLUCAGON

Hormona polipeptídica, producida por las ***células alfa pancreáticas*** en los ***islotos de Langerhans***, que estimula la ***conversión*** de ***glucógeno*** en ***glucosa*** en el hígado

NOTA. Tomado de: *Mosby's medical dictionary*. 10ma. ed.; (p. 771), por Mosby, 2017, St. Louis, MO: Elsevier Inc. Copyright 2017 por Elsevier Inc.

HIDRATOS DE CARBONO

* ESTADOS HEMATOLÓGICOS *

GLUCEMIA

Presencia, o
los niveles de
glucosa
en la
sangre

NOTA. Adaptado de: *Diccionario médico*. 10ma. ed.; (p. 239), por Salvat, 1974, Barcelona, España: Salvat Editores, S. A. Copyright 1974 por Salvat Editores, S. A.

Fat (free fatty acid)

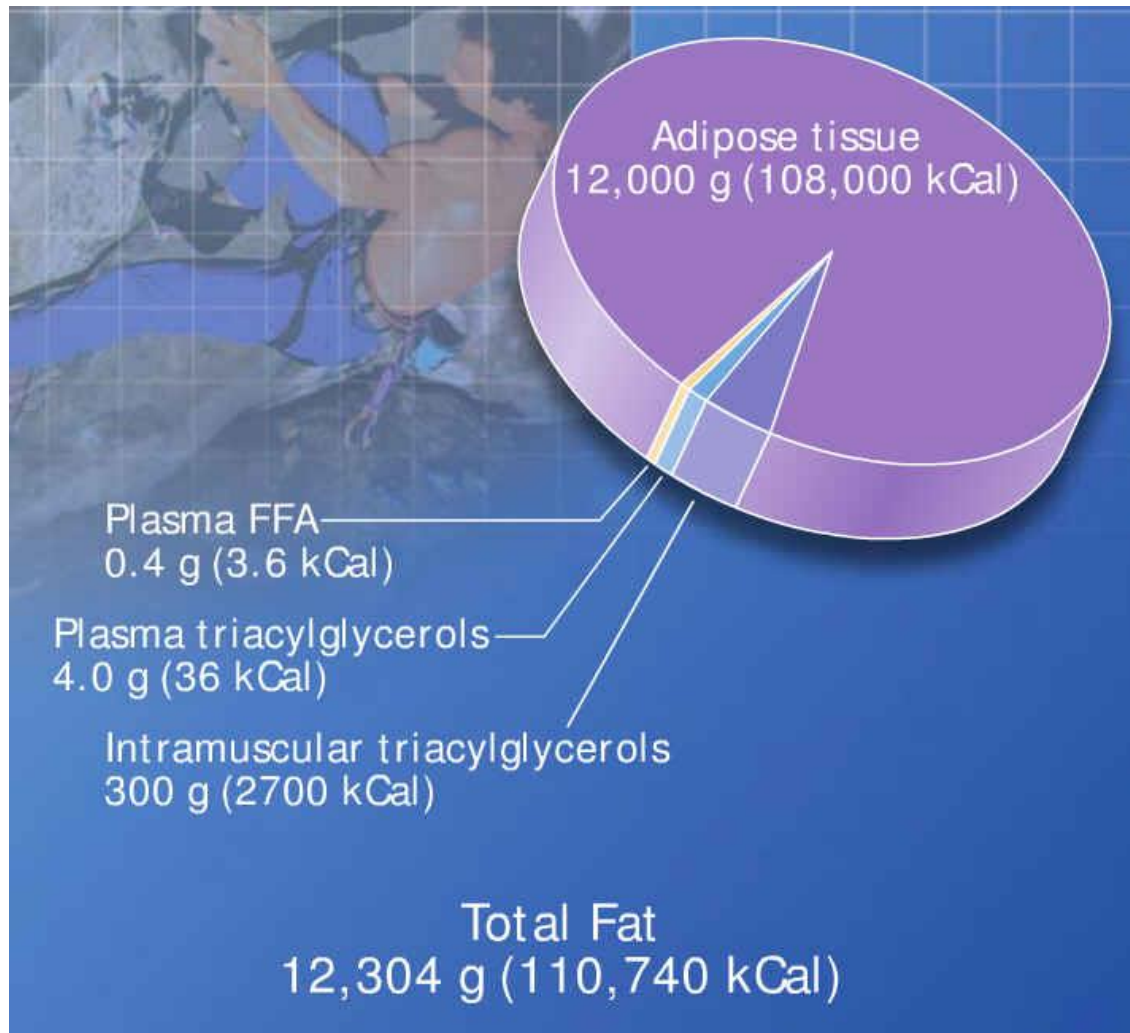
1 g of $C_{16}H_{18}O_2$



9 kcal energy

LÍPIDOS - CONTENIDO ENERGÉTICO EN EL CUERPO

DISTRIBUCIÓN DE LOS ALMACENES DE GRASA



NOTA. Reproducido de: *Sports and Exercise Nutrition*. 7th. ed.; (p. 27), por W. D. McArdle, F. I. Katch, & V. I. Katch, 2010, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Copyright 2010 por Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO

Las Grasas

Característica:

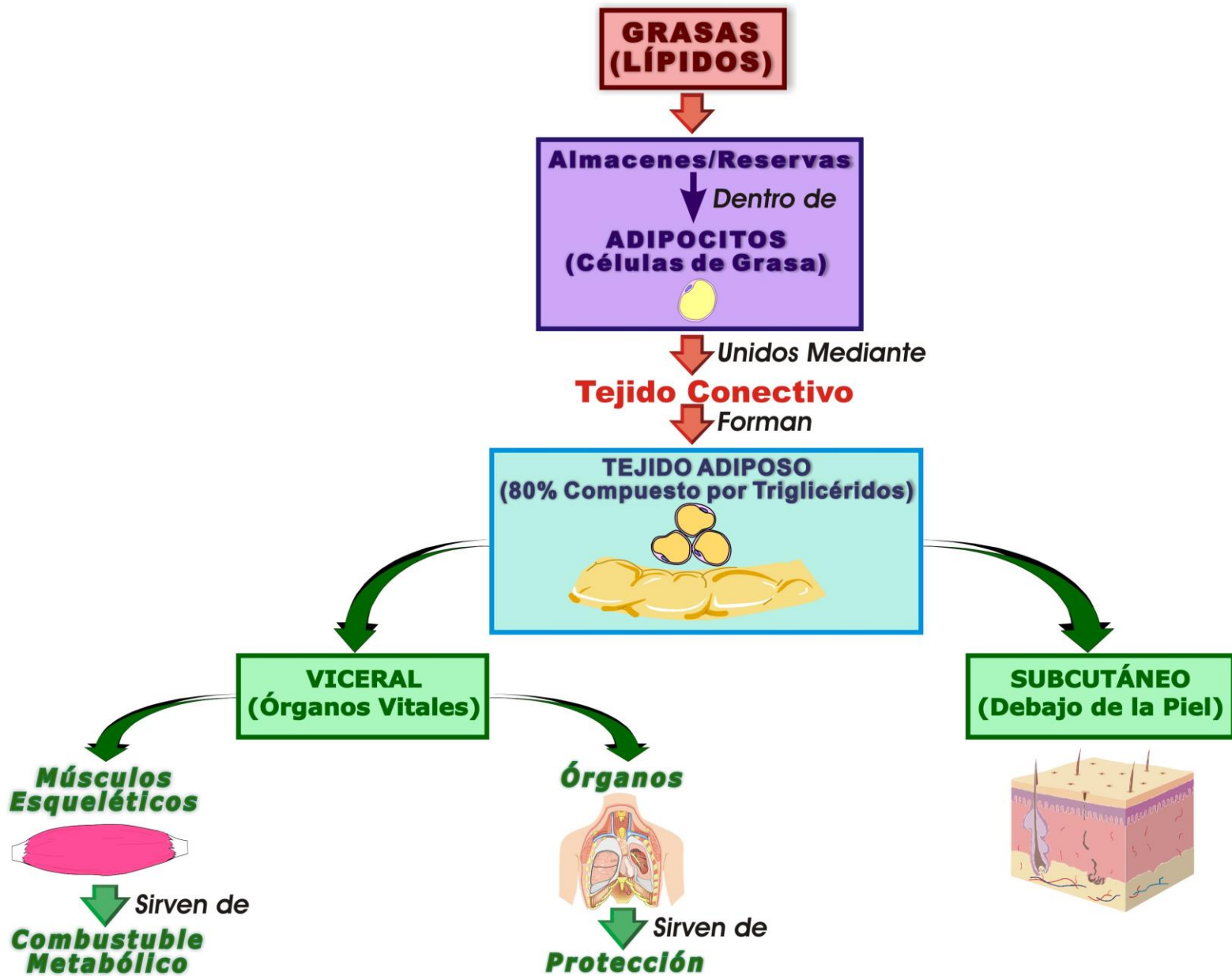
No son Solubles en Agua

Función más Importante:

Provee Energía: 9 kcal de Energía por cada Gramo de Grasa

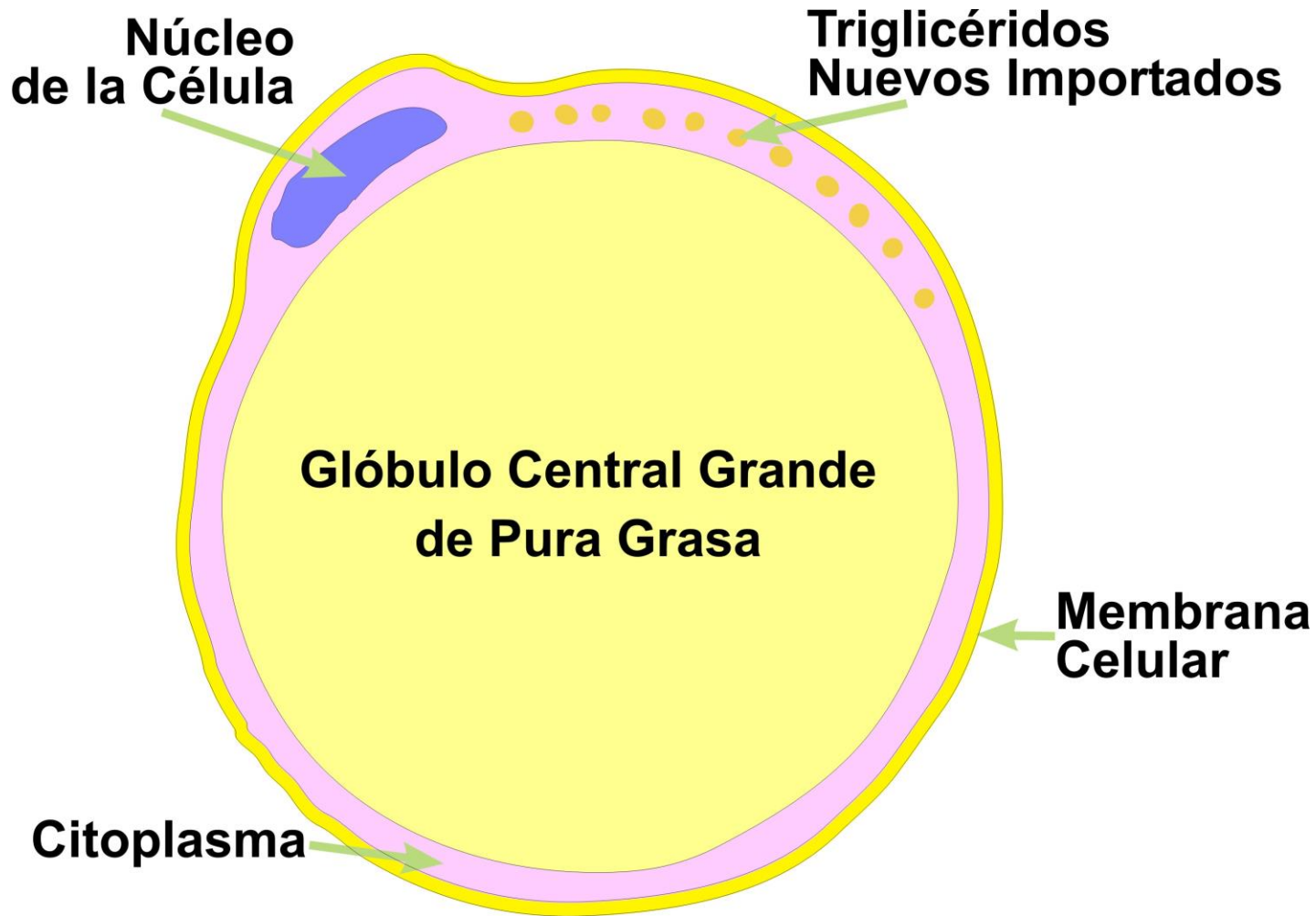
Tipos/Clasificación:

- **Simples/Neutras: Triglicéridos**
- **Compuestas:**
 - » Fosfolípidos,
 - » Lipoproteínas
- **Derivadas: Colesterol**



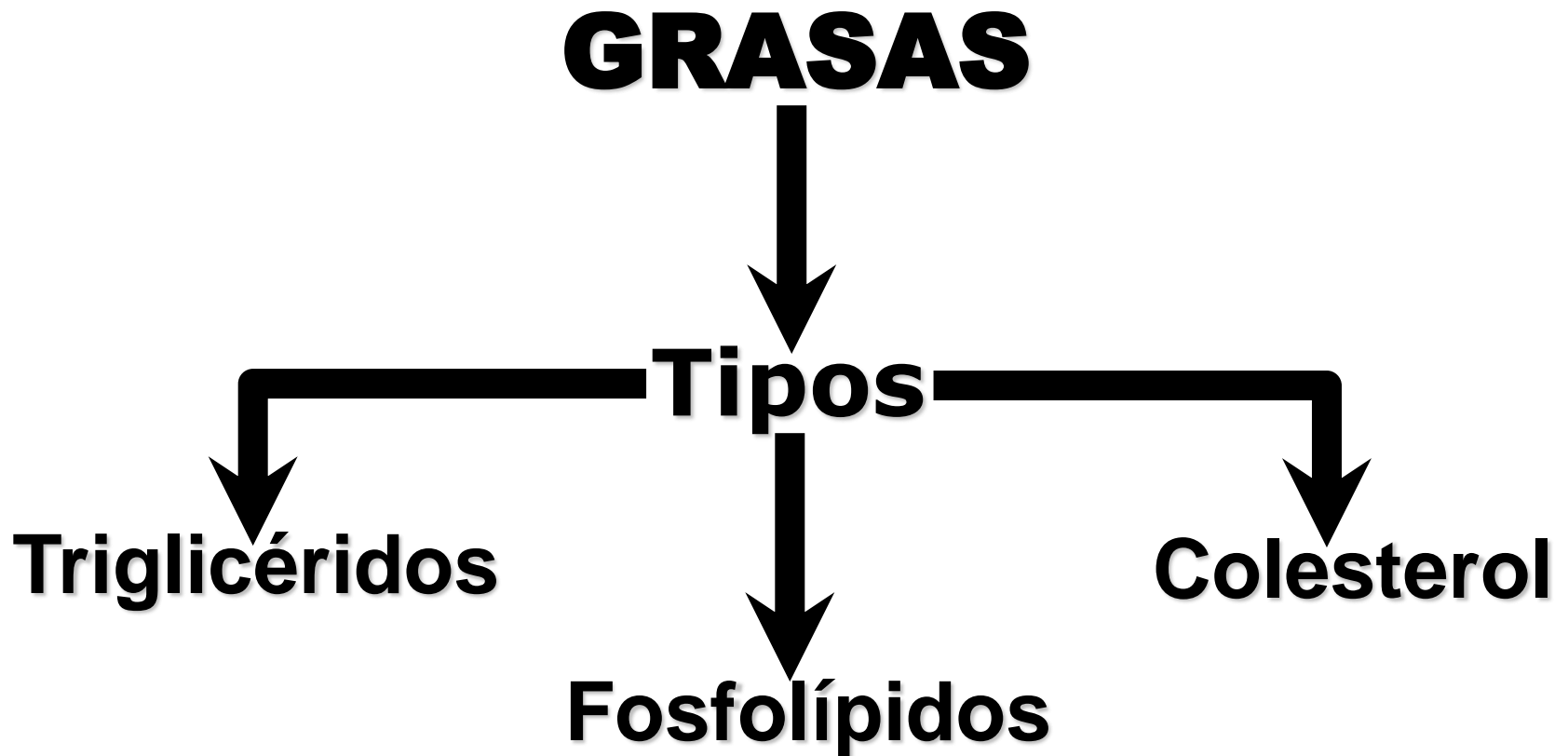
LÍPIDOS - RESERVAS EN EL CUERPO

EL ADIPOSITO HUMANO: Célula de Grasa

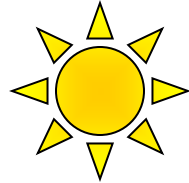


NOTA: Adaptado de: *Sports and Fitness Nutrition*. (p. 173), por R. E. C., Wildman & B. S., Millar, 2004, Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning. Copyright 2004 por Wadsworth, a division of Thomson Learning, Inc.

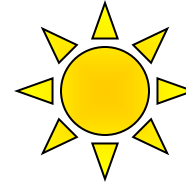
GRASAS O LÍPIDOS



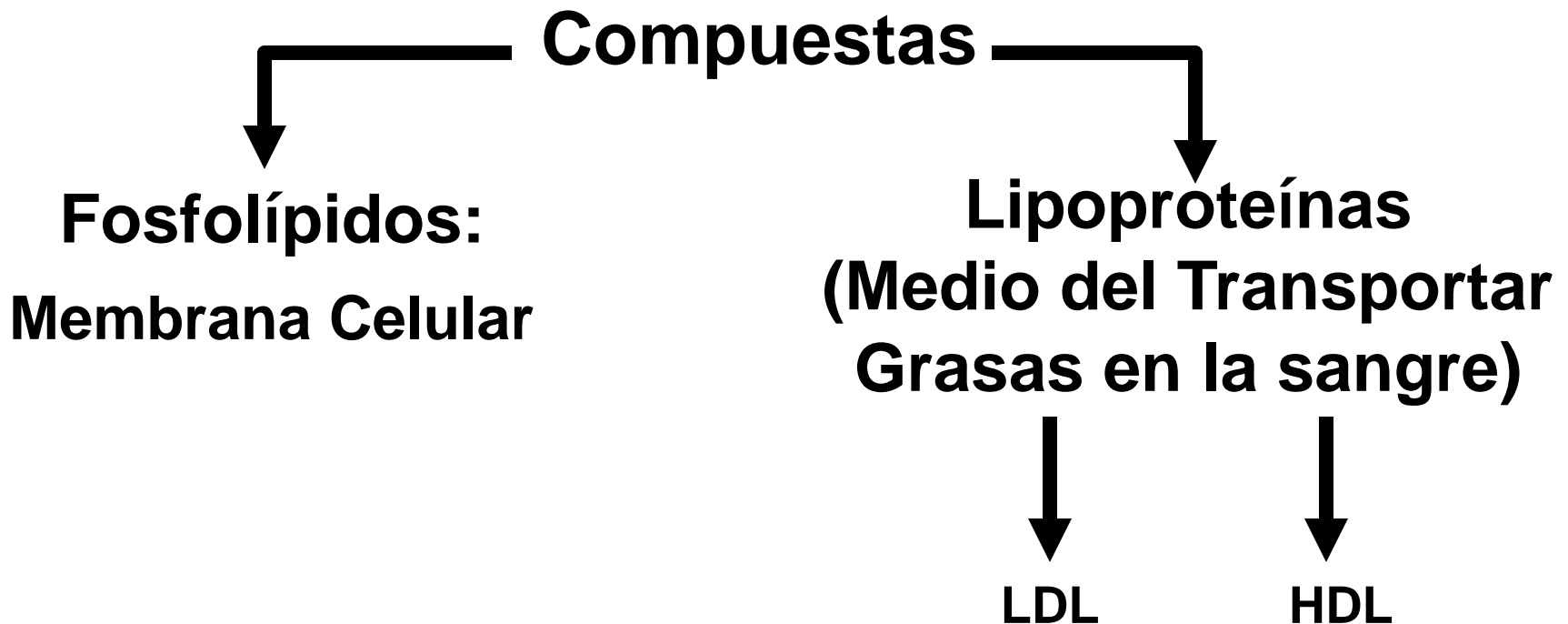
LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Las Grasas



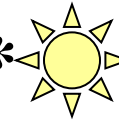
**Tipos/Clasificación **



LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Las Grasas: **Tipos/Clasificación**



*** Simples/Neutras ***

Triglicéridos

(3 Moléculas de Ácidos Grasos + 1 Molécula de Glicerol)

**Es la Forma en que
se Almacena la Grasa**

Al

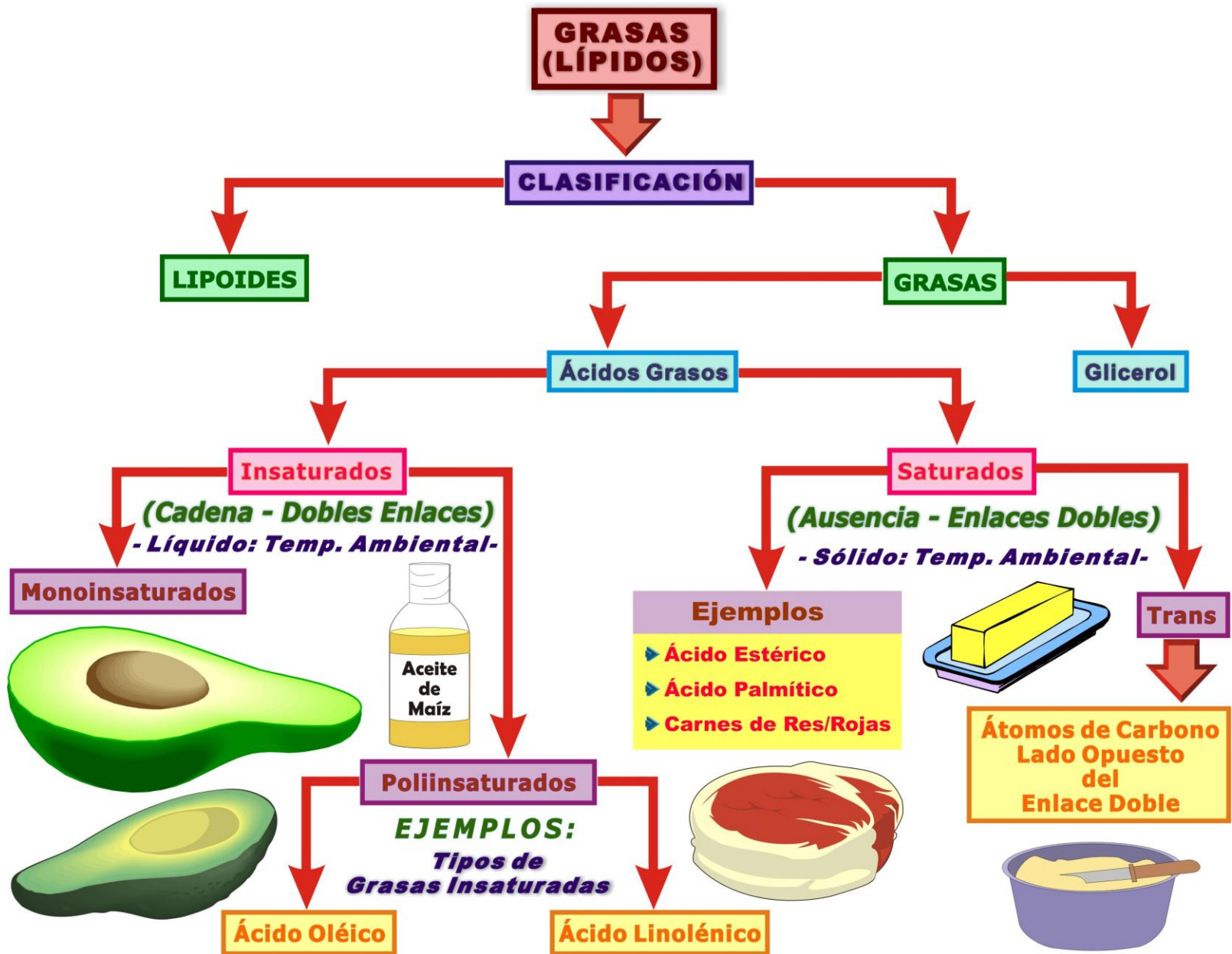
Degradarse

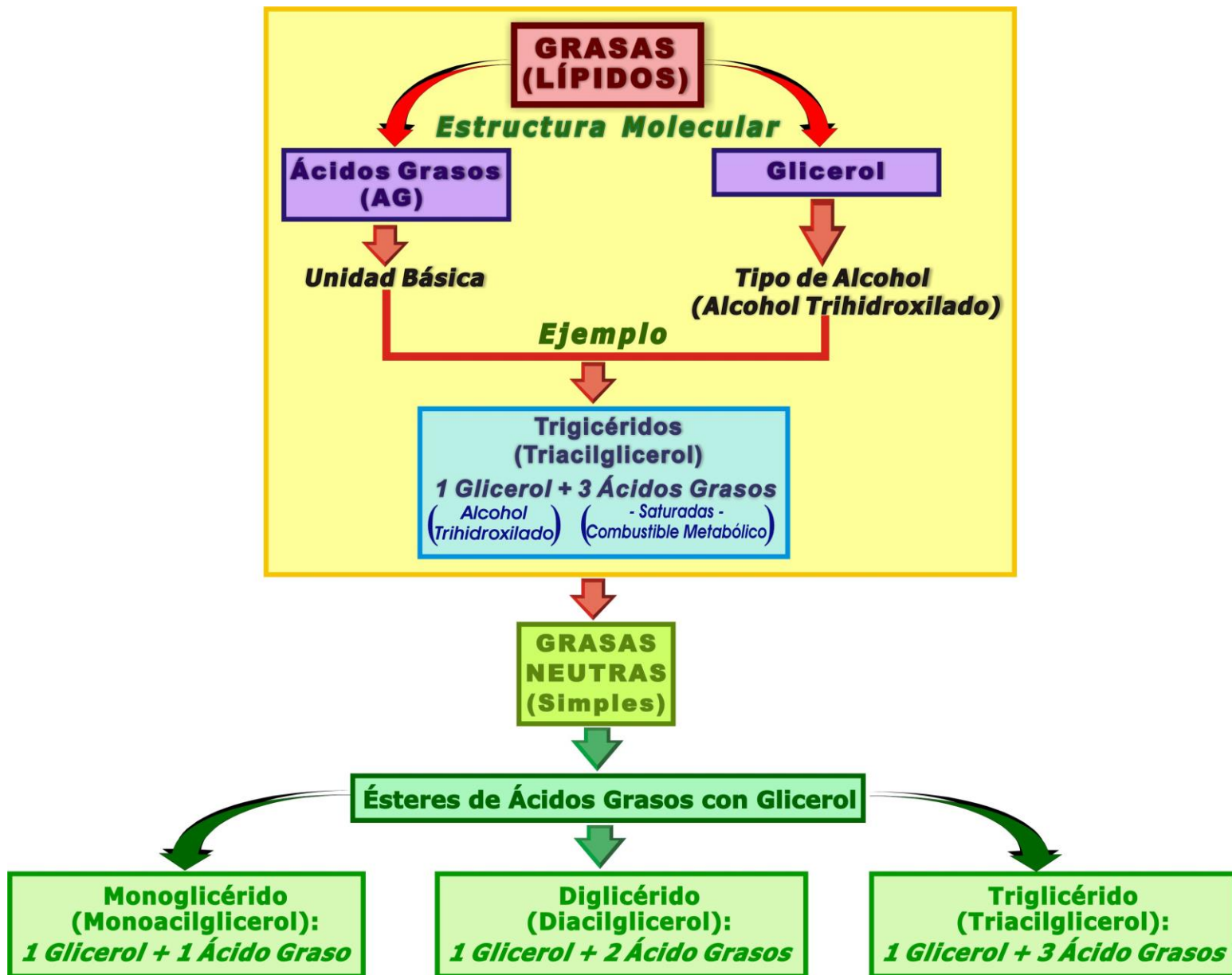
En

Glicerol

Ácidos Grasos Libres

**Pueden ser Utilizados como
Sustratos de Energía**





GRASAS O LÍPIDOS

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

LIPÓLISIS

La *hidrólisis* de los *lípidos*

NOTA. Tomado de: *Dictionary of biochemistry and molecular biology*. 2da. ed.; (p. 276), por J. Stenesh, 1989, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. Copyright 1989 por John Wiley & Sons, Inc.

GRASAS O LÍPIDOS

* PROCESOS BIOQUÍMICOS *

LIPASA

Enzima

que cataliza la
hidrólisis de las

grasas en

glicerol y ácidos grasos

NOTA. Tomado de: *Dictionary of biochemistry and molecular biology*. 2da. ed.; (p. 275), por J. Stenesh, 1989, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. Copyright 1989 por John Wiley & Sons, Inc.

SISTEMA OXIDACIÓN DE LAS GRASAS (*BETA*OXIDACIÓN)

ÁCIDOS GRASOS LIBRES
(AGL)

Poseen más Carbono (C)
(*que los CHO*)

Oxidación

Requieren más O₂
(*por cada mol de AGL*)

Ejemplo

Grasas
(1 mol)

5.6 mol ATP/1 mol O₂

Limitación para el
Sistema de Transporte de O₂

CHO
(1 mol)

6.3 mol ATP/1 mol O₂

Deportes de Intensidad Elevada

Combustible Preferido

CHO

↑ Formación de
Acetil CoA

↑ Producción Neta/Total de
Energía (ATP)
(*que los CHO*)

GRASAS O LÍPIDOS

GRASAS



(9 kcal/g; 70,000 kcal Energía Acumulada)

Menos Accesible
por el
Metabolismo

Muy Lento
Ritmo de Liberación

Triglicéridos
(Almacenes)

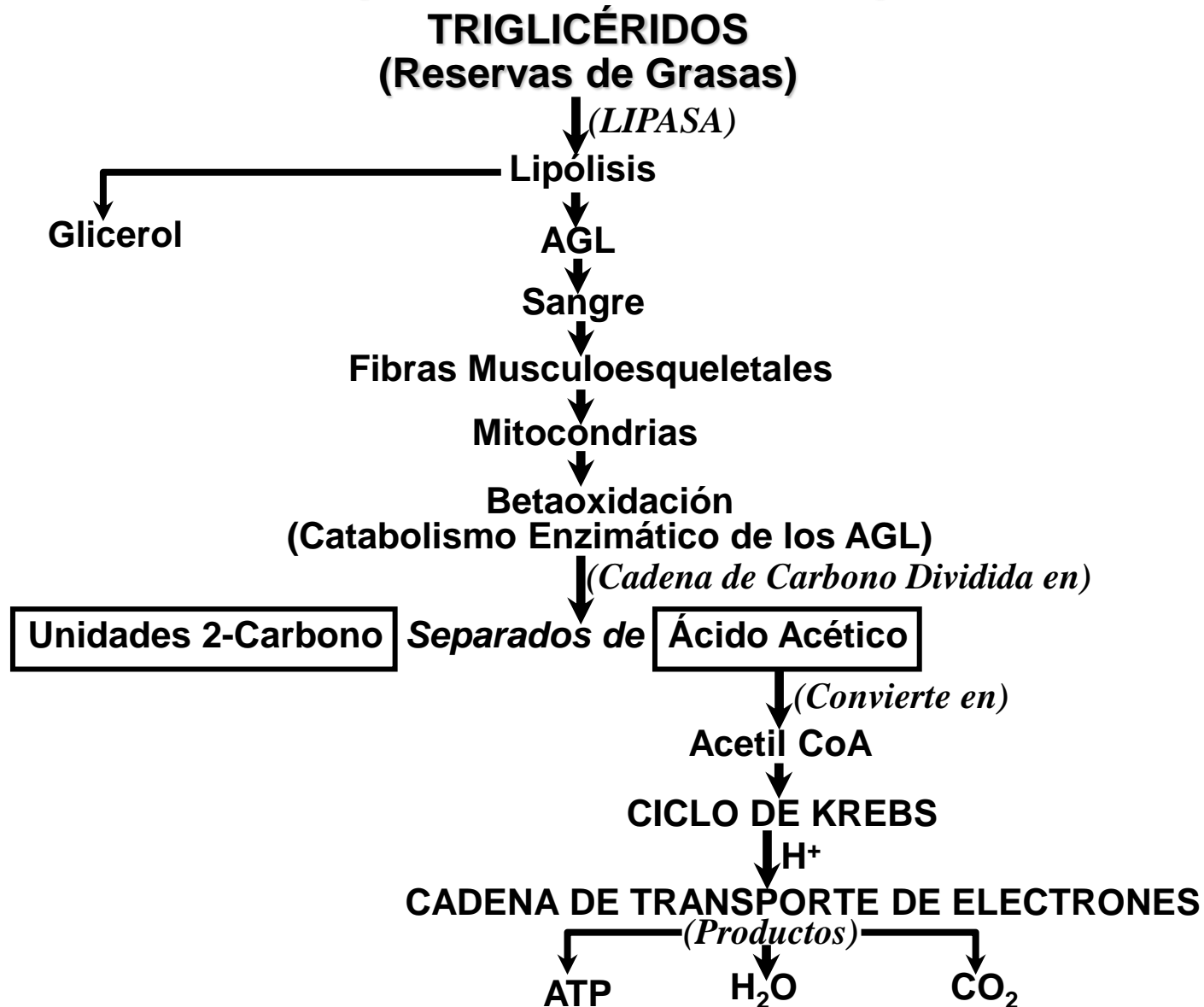
*No Satisface Demandas
Actividad Muscular Intensa*

Degradan

(1) *Glicerol* (3) *Ácidos Grasos Libras*
(AGL)

**Forma
ATP**

SISTEMA OXIDACIÓN DE LAS GRASAS (*BETA*OXIDACIÓN)



TRIGLICÉRIDOS

(Almacenes de: Células Grasas en Fibras Esqueletales)

↓ (Enzima: LIPASA)

Lipólisis

Degrada Triglicéridos en

1 Molécula: GLICEROL

3 Moléculas: ÁCIDOS GRASOS LIBRES (AGL)

↓ (Transportados por)

Sangre

(↑↑ Concentración de AGL)

↓ (Entran por difusión a las)

Fibras Musculares

Mitocondrias

AGL Activados Enzimáticamente
con Energía del ATP

Catabolismo Enzimático de los
AGL
(Betaoxidación)

Ácido Acético

↓ (Convierte en)

Acetil CoA

CICLO DE KREBS

↓ H⁺

CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRONES

(Productos)

ATP

H₂O

CO₂

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO

Las Proteínas

Estructura Química:

- ▲ **Aminoácidos: Subunidades de las Proteínas**
- ▲ **Enlaces Pépticos: Uniones Químicas que Eslabonan a los Aminoácidos**

Funciones:

- ▲ **Componente Estructural de Diversos Tejidos, Enzimas, Proteínas Sanguíneas, entre otras estructuras**
- ▲ **Fuente Potencial de Energía: 4 kcal de Energía por cada Gramo de Proteína**

Tipos/Clasificación:

- ▲ **Esenciales (9): No Pueden ser Sintetizados por el Cuerpo (se Obtiene de los Alimentos)**
- ▲ **No Esenciales (11): Pueden Ser Sintetizados por el Cuerpo (vía Alimentos y Aminoácidos Esenciales)**

PROTEÍNAS O PRÓTIDOS

PROTEÍNAS (4 kcal/g)

Fórmula General: $C_n(H_2O)_n$

Conversiones

Gluconeogénesis
(Proteínas/Grasas se convierten en Glucosa)

Lipogénesis
(Proteínas se convierten en Grasas)

Tipos
(Estructural)

Unidades Básicas de las Proteínas

Deportes de Tolerancia/Prolongados

Proteínas Aportan entre 5 y 10 % de Energía

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO


Las Proteínas

Utilización de las Proteínas Como Sustratos (Combustible Energético) Durante el Ejercicio:

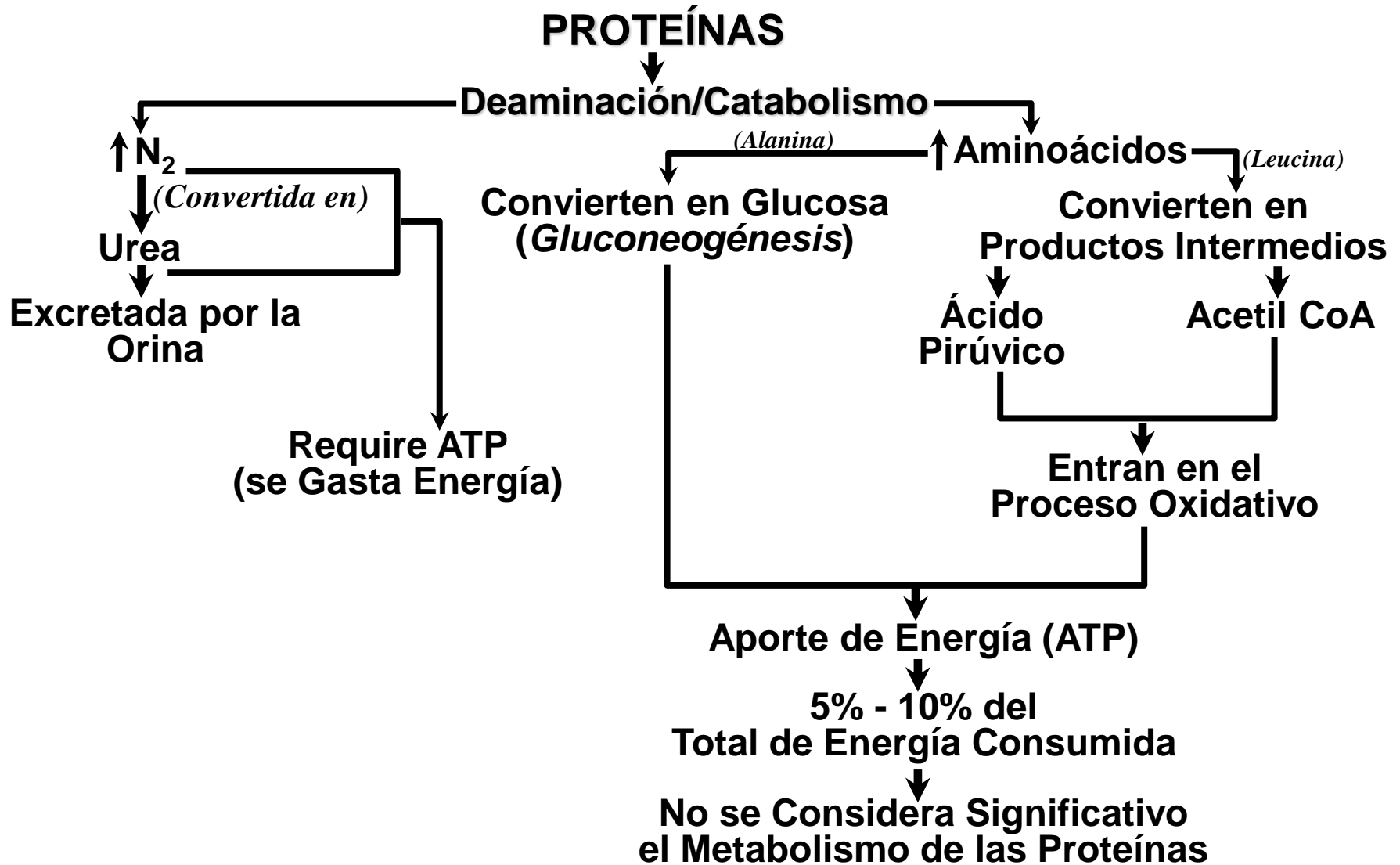
 Se Degradan las Proteínas en Aminoácidos:

 El Aminoácido **Alanina** Puede Ser Convertido en Glucógeno en el Hígado:

Luego, El Glucógeno se Degrada en Glucosa y se Transporta hacia los Músculo Activos

 Muchos Aminoácidos (i.e., Isoleucina, Alanina, Leucina, Valina, etc) Pueden ser Convertidos en Intermediarios Metabólicos (i.e., Compuestos que Directamente Participan en la Bioenergética) Para las Células Musculares y Directamente Contribuir como Combustible en la Vías Metabólicas.

METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS (*DEAMINACIÓN*)

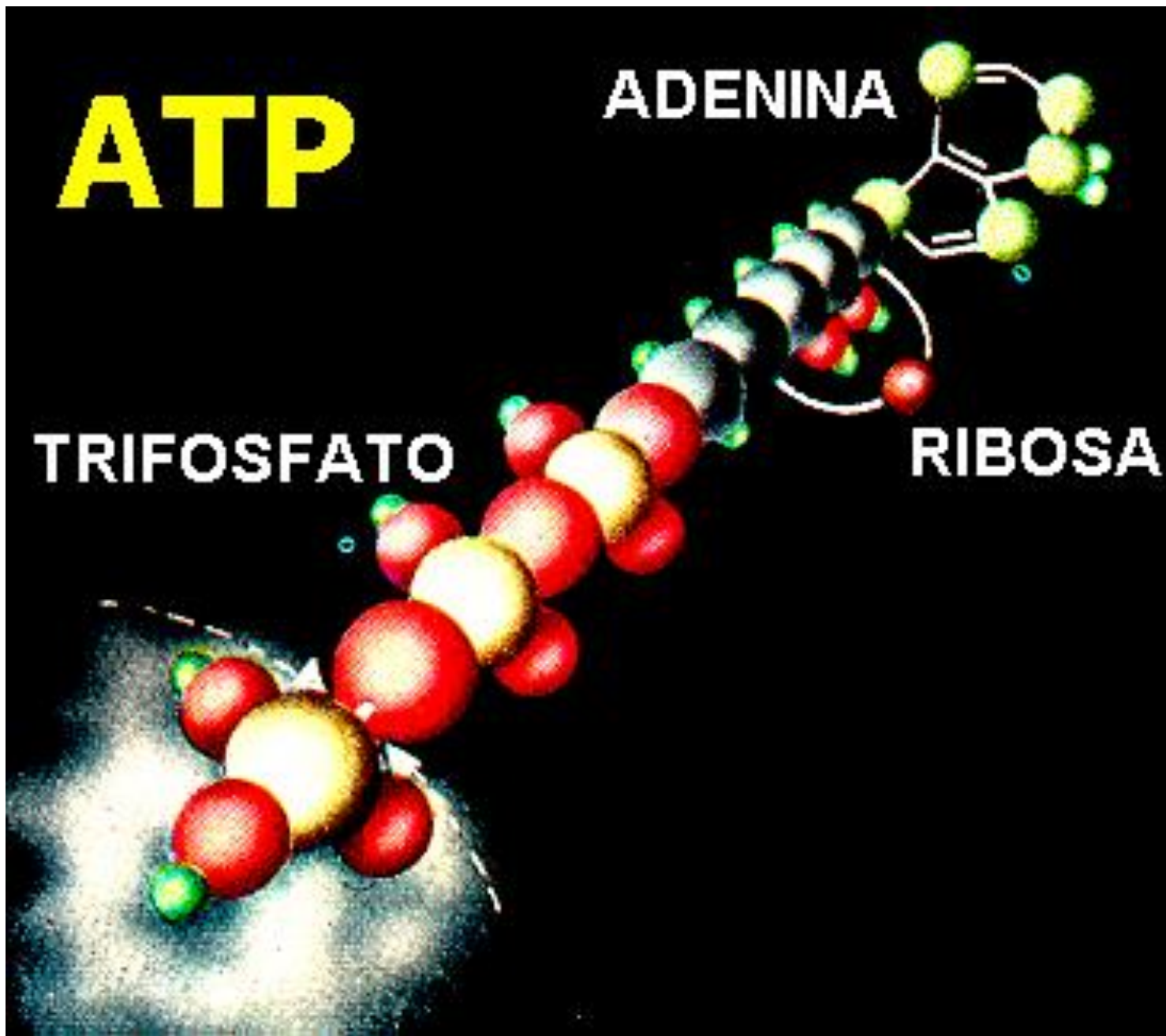


ATP

ADENINA

TRIFOSFATO

RIBOSA



ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)



Estructura:

ADENOSINA:

● Una Porción: **Adenina**

● Una Porción: **Ribosa**

FOSFATOS:

● Tres: **Fosfatos:**

Unidos vía Enlaces Químicos de Alta Energía



FOSFATOS DE ALTA ENERGÍA

Adenosina de Trifosfato (ATP)

 Formación/Síntesis Estructural:

Adenosina de Difosfato (ADP) }
+ } Requiere Energía
Fosfato Inorgánico (Pi) } (Reacción
Endergónica)

↓
Adenosina de Trifosfato (ATP)



Energía

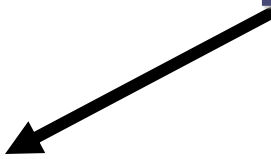
Vía Reacción Acoplada

ADP + Pi  ATP

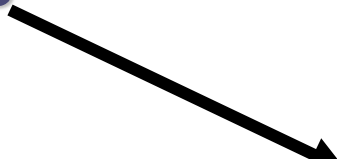
ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)



Hidrólisis



Difosfato de Adenosina (ADP)



Fosfato Inorgánica (Pi)



Energía Biológica Útil



Contracción Muscular



Transmisión Nerviosa



Secreción Hormonal



ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)

 Mecanismo por el cual Libera Energía
(Catabolismo: *Reacción Exergónica*):

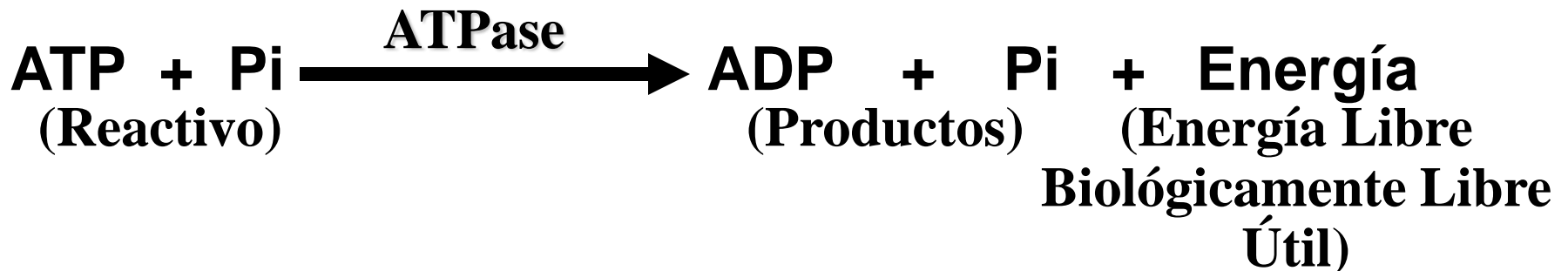
La Enzima ATPase Degrada el Enlace Químico
Que Almacena Energía

Entre

ADP y Pi



Se Libera Energía Útil
Para Generar Trabajo
(i.e., Contracción Muscular)

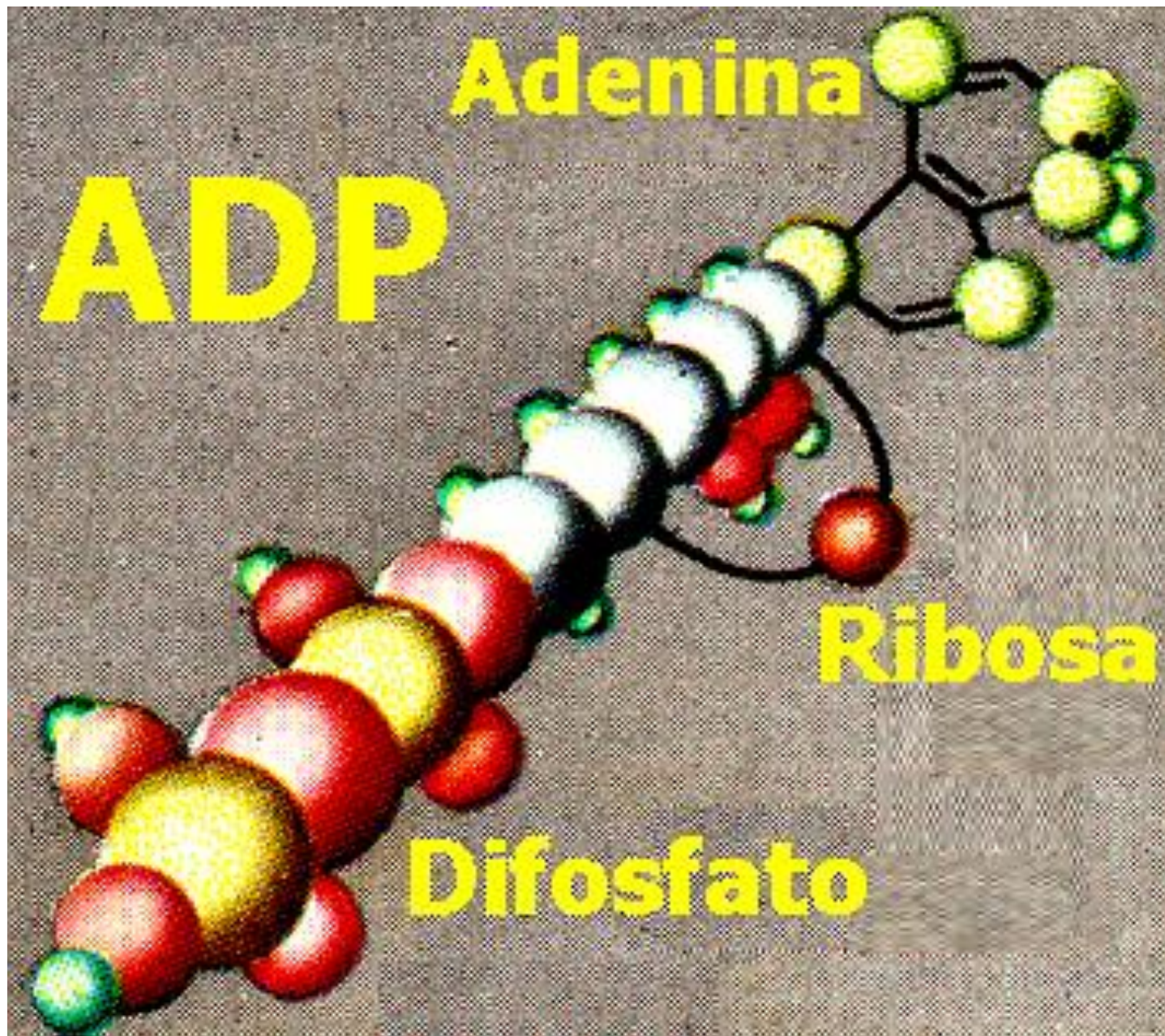


ADP

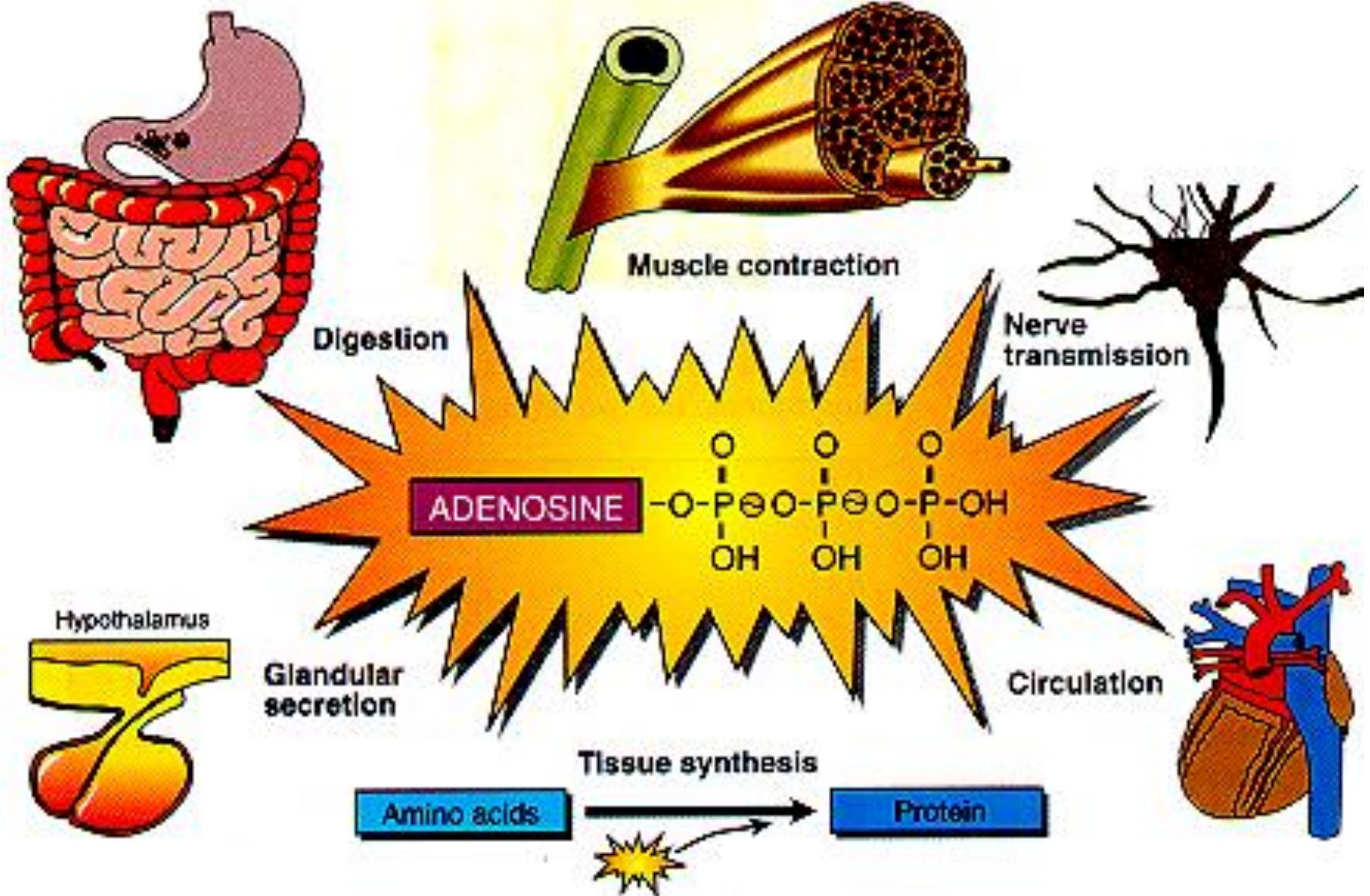
Adenina

Ribosa

Difosfato



FUENTE DE ENERGÍA PARA EL CUERPO: ADENOSINA DE TRIFOSFATO: *ATP*



FUENTE DE ENERGÍA PARA EL CUERPO: ADENOSINA DE TRIFOSFATO: *ATP*

**Transmisión
Nerviosa**

**Contractilidad
del Miocardio**

**Secreción
Hormonal**

Respiración

ATP

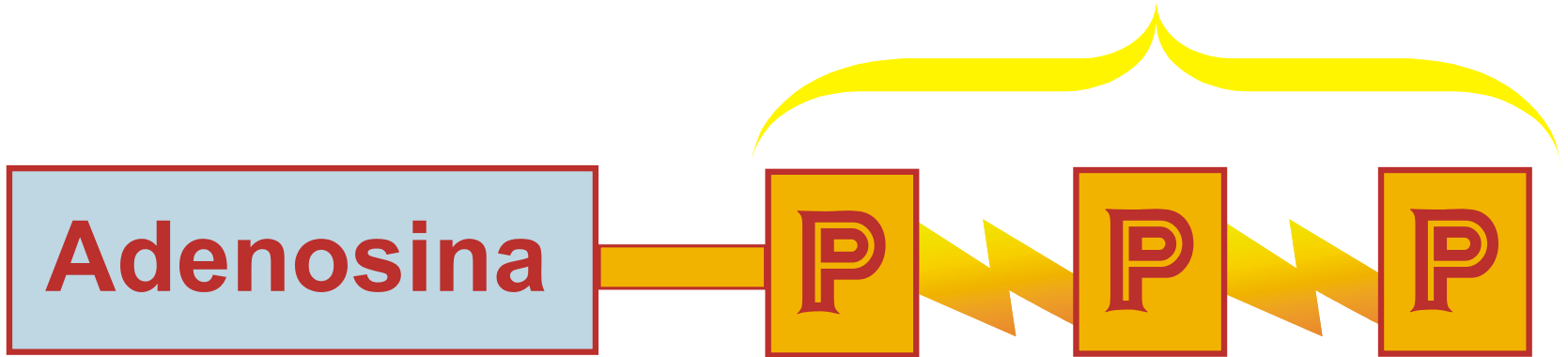
Circulación

**Reparación
de Tejidos**

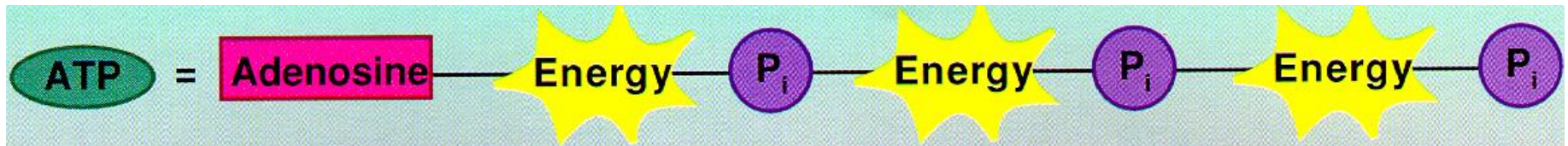
**Reacciones
Acopladas**

**Contracción
Muscular**

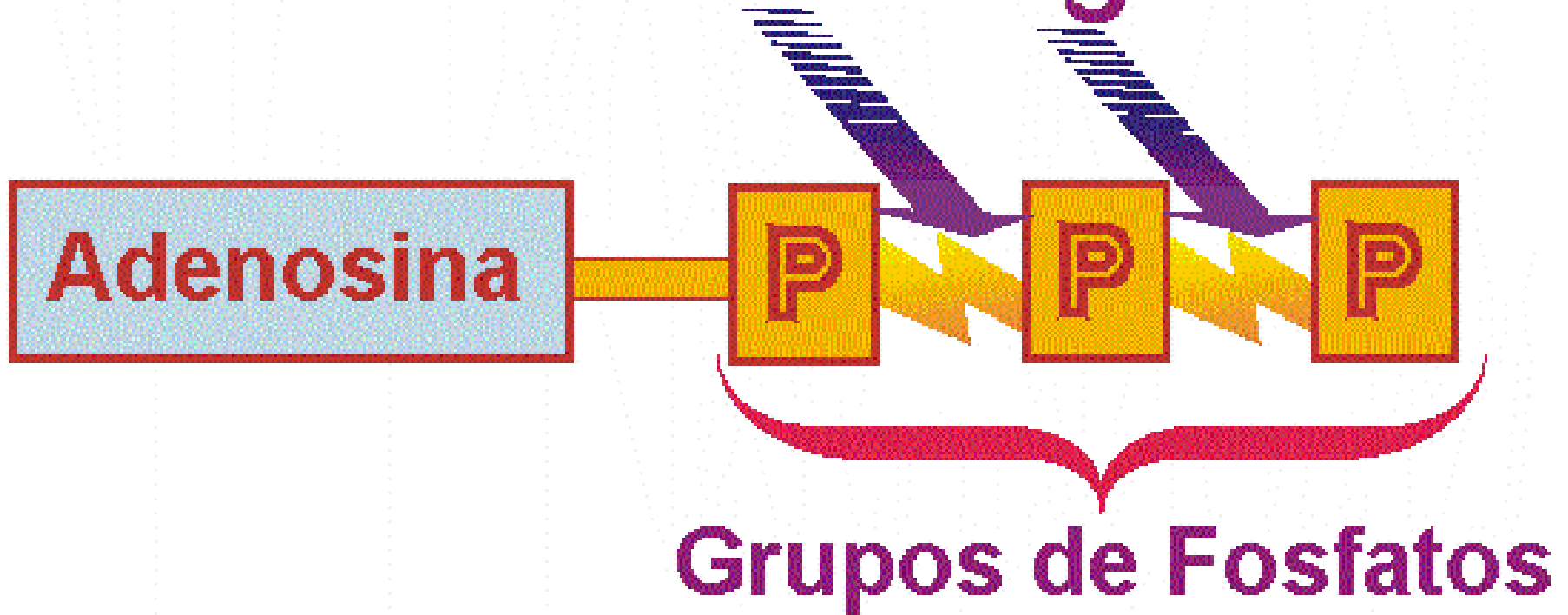
Grupos de Fosfatos



MOLÉCULA DE ATP

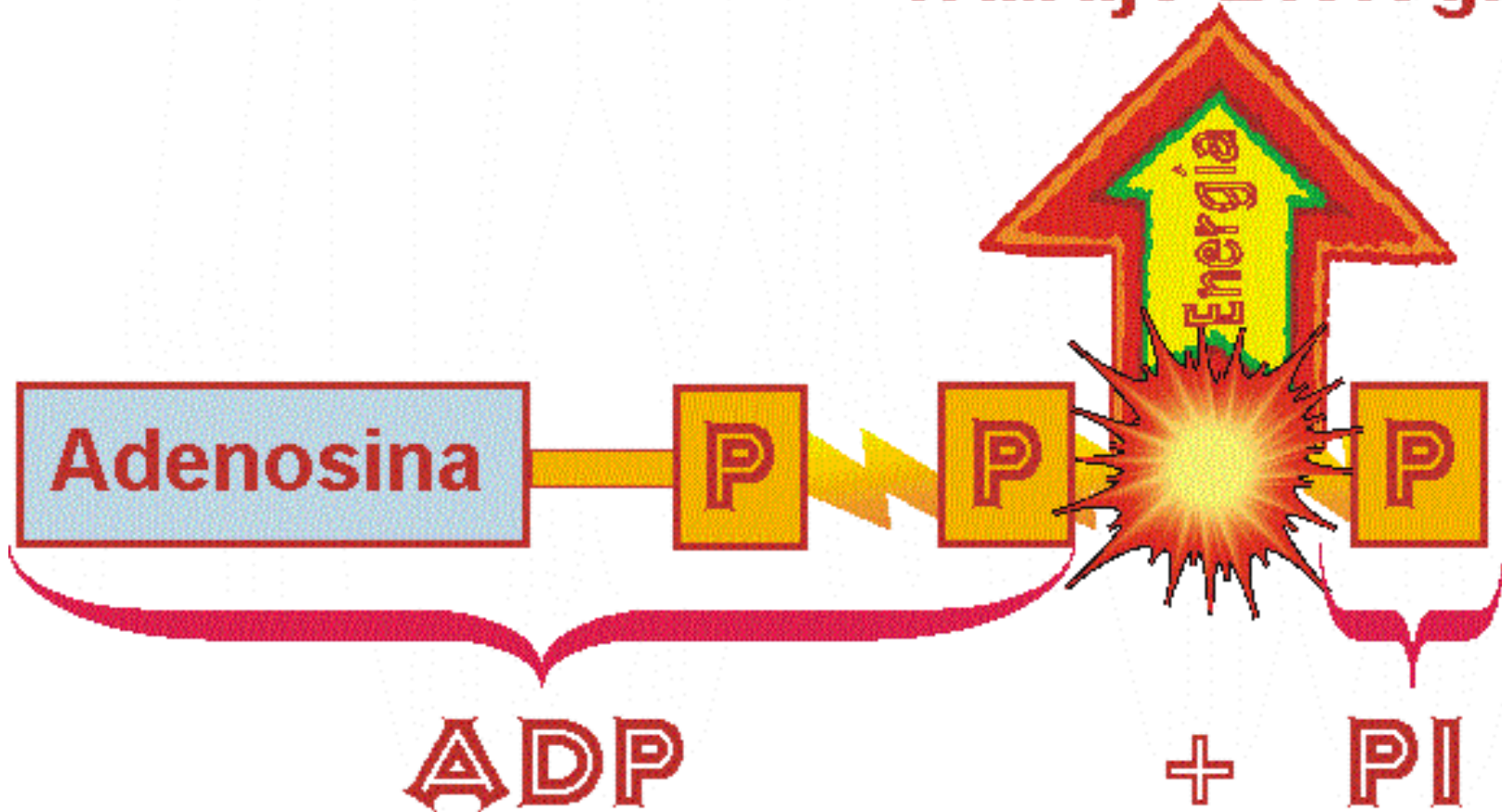


Enlaces de Fosfatos de Alta Energía



MOLÉCULA DE ATP

Trabajo Biológico



DESDOBLAMIENTO DEL ATP

FUENTES ENERGÉTICAS:

ATP: ADENOSINA DE TRIFOSFATO

* ESTRUCTURA MOLECULAR *



a



b

FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

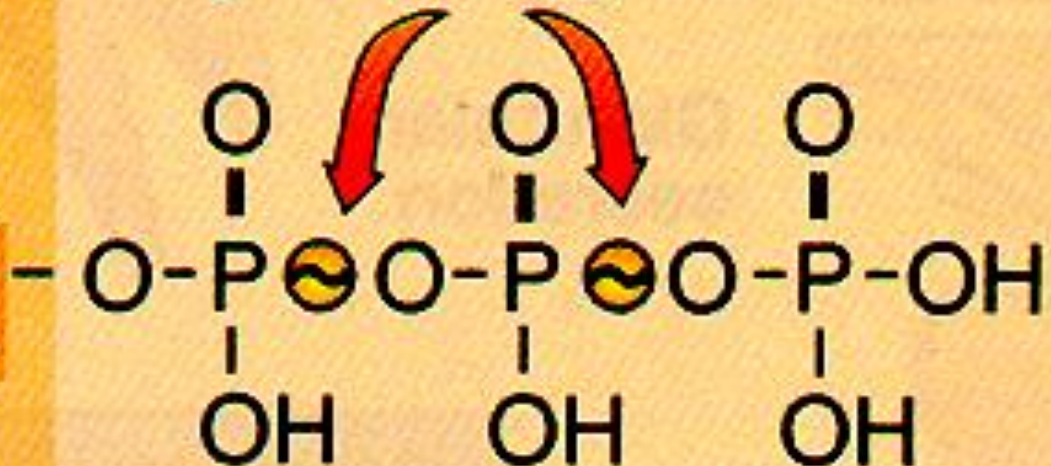
ADENOSINA DE TRIFOSFATO

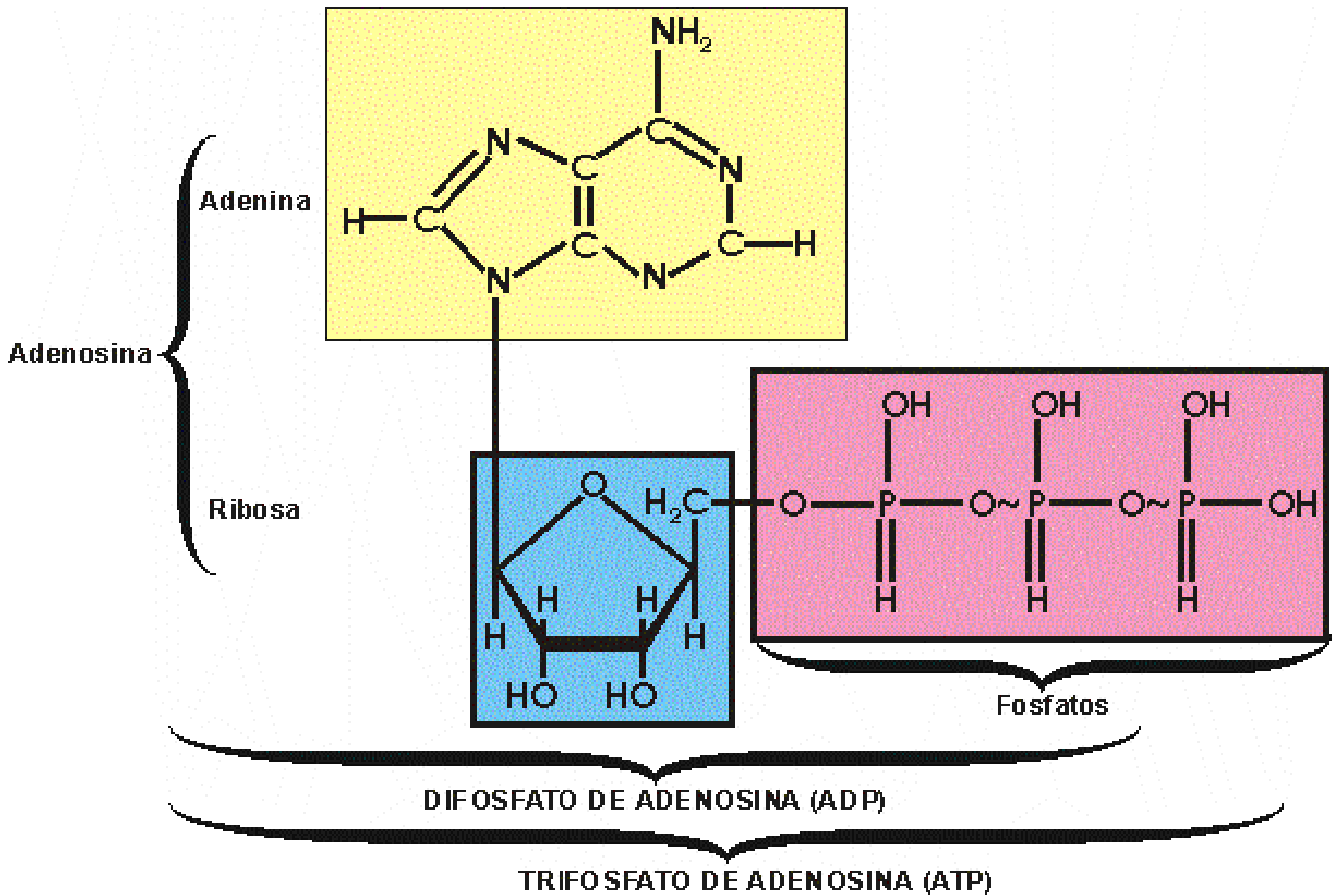
* ESTRUCTURA MOLECULAR *

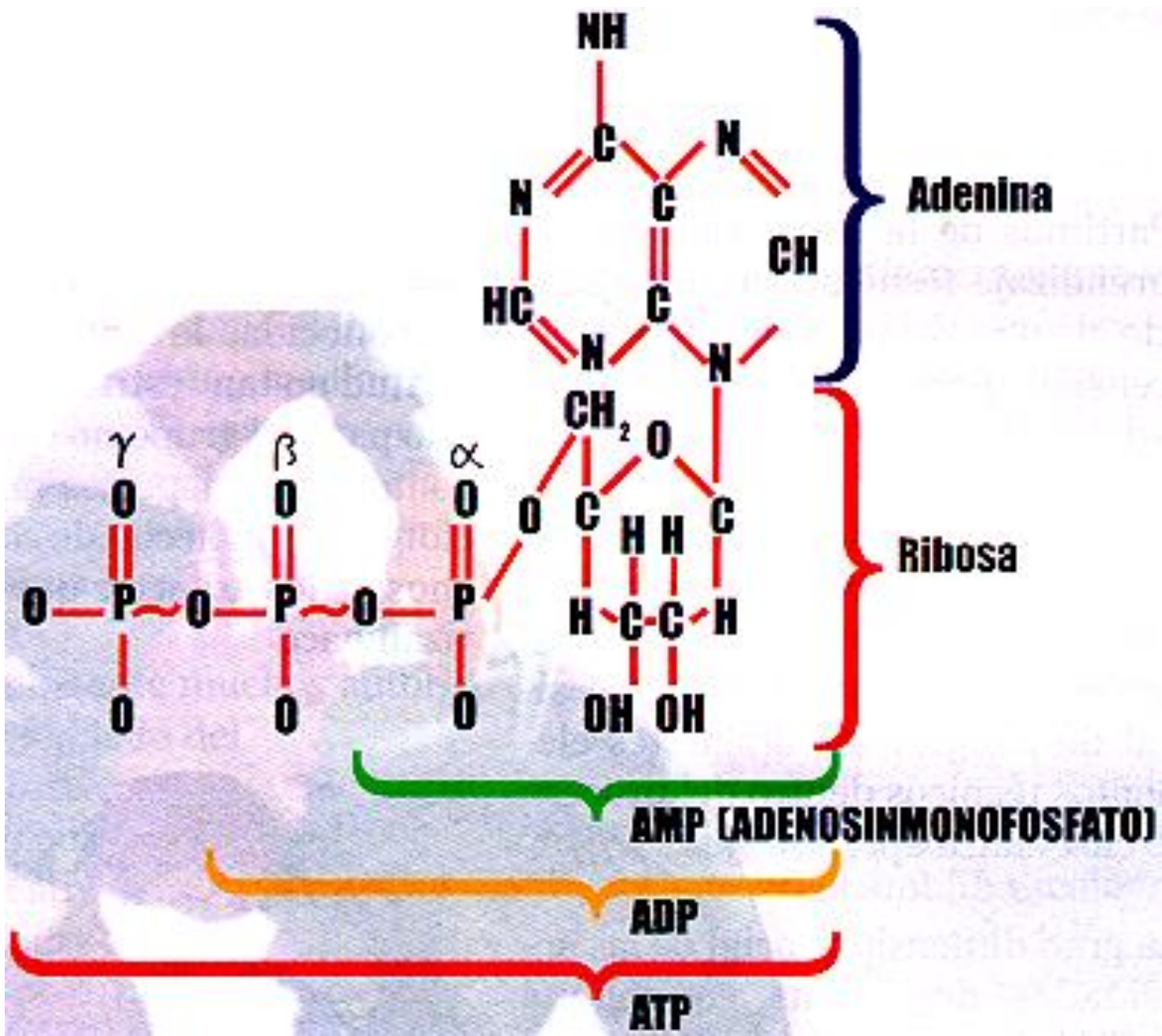
TRIPHOSPHATE

High-energy bonds

ADENOSINE





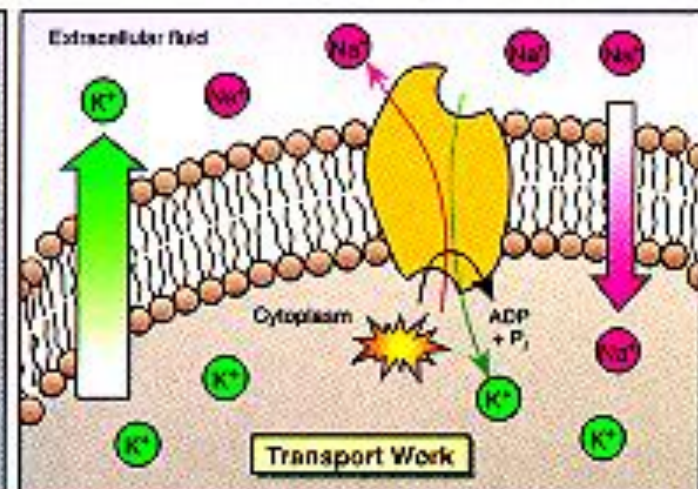
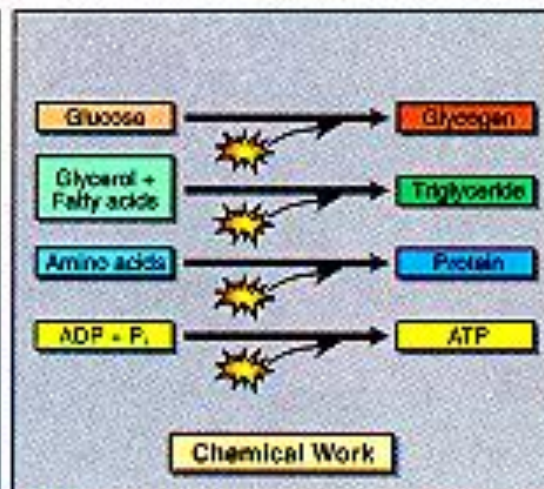
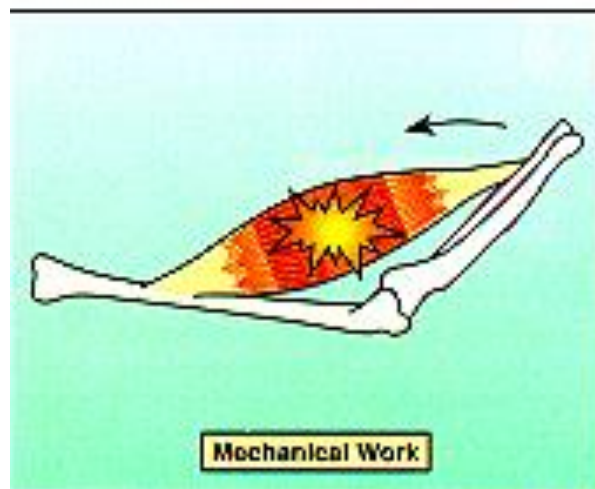
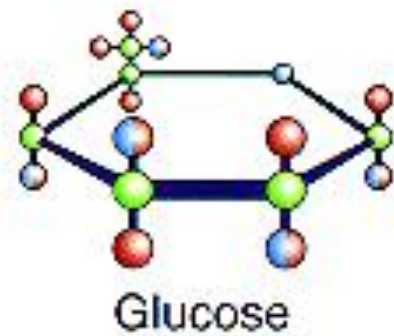


Food Energy

carbohydrates • lipids • proteins



Cellular Respiration
(reverse of photosynthesis)





**Energía
de los Alimentos
y la Fosfocreatina**



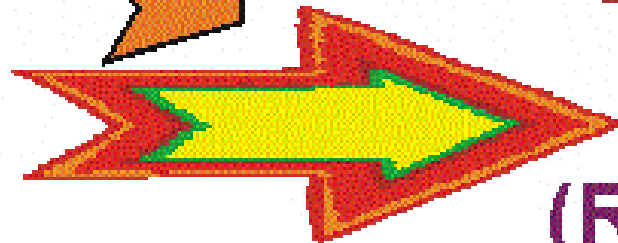
**SÍNTESIS DEL ATP POR
REACCIONES ACOPLADAS**

**Energía
de los
Alimentos**

(Metabolismo
Anabólico)

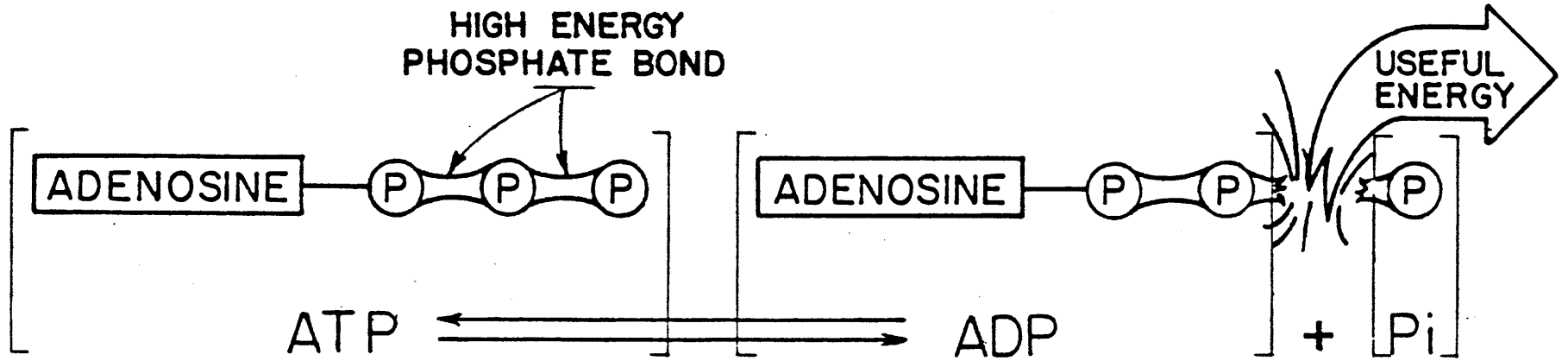
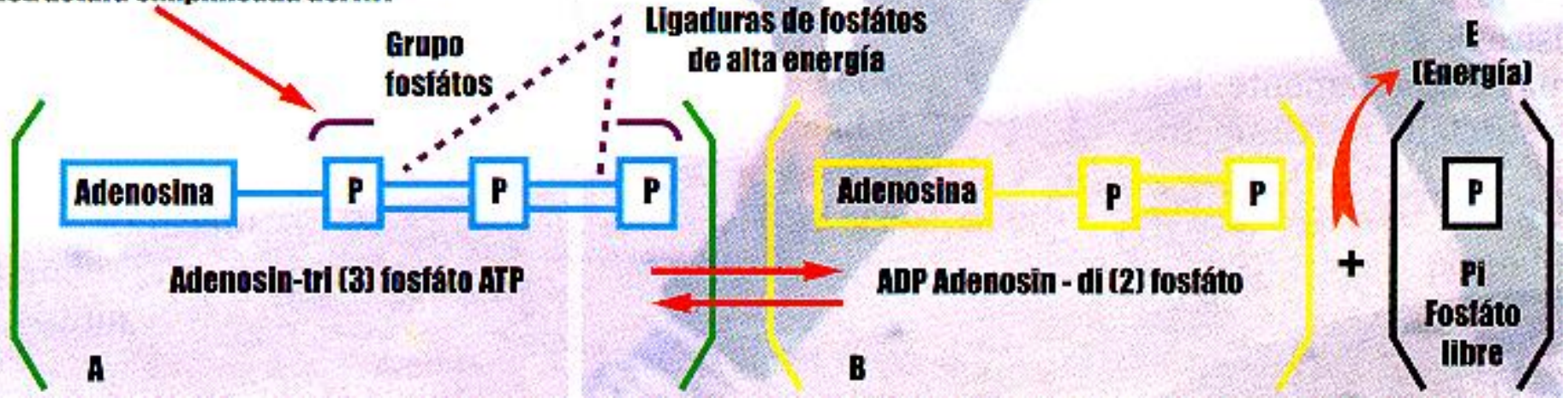
(Reacción
Endergónica)

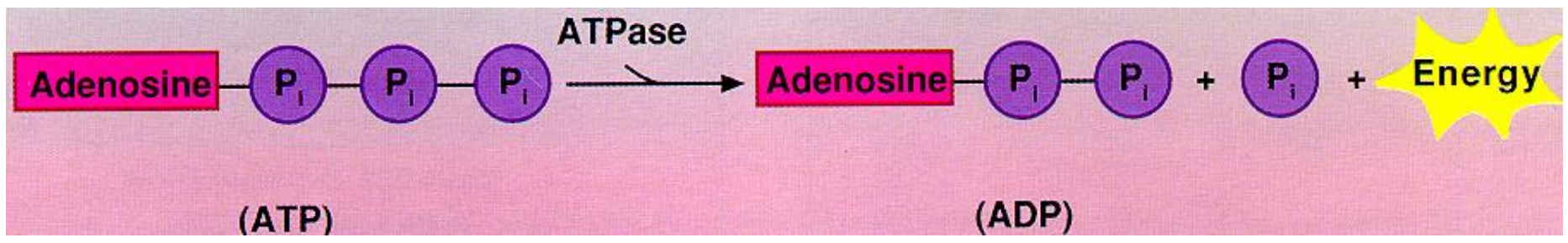
ADP + PI
(Productos)



ATP
(Reactante)

Estructura simplificada del ATP





Chemical energy

Reserve:
ca. 5 $\mu\text{mol/g}$ muscle



$\Delta G \approx 50 \text{ kJ (12 kcal) / mol ATP}$



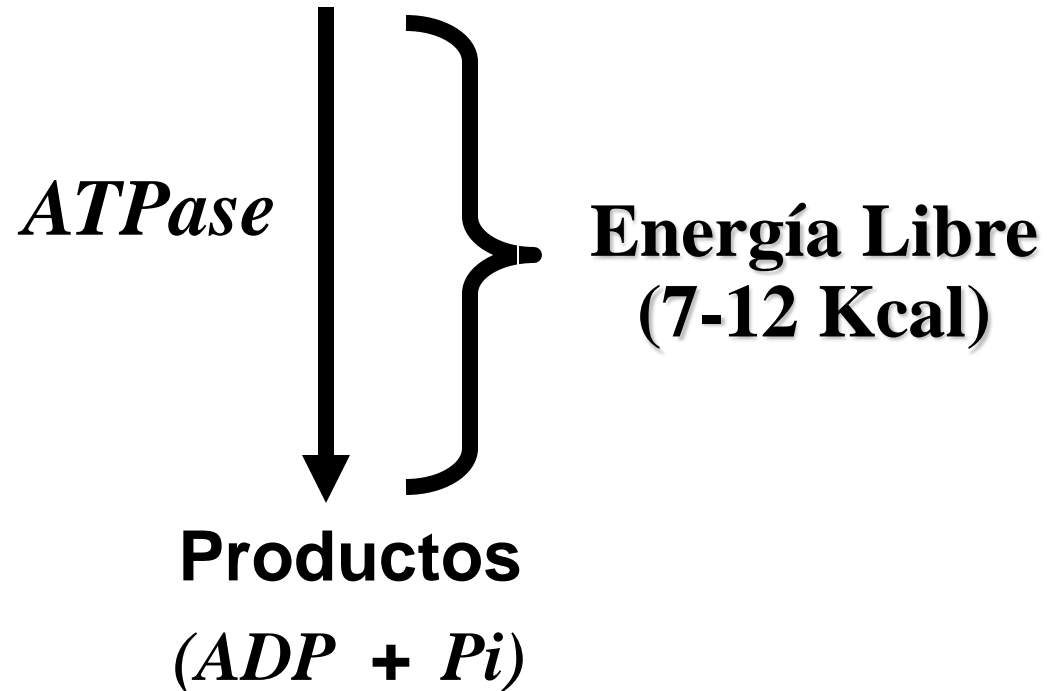
Heat

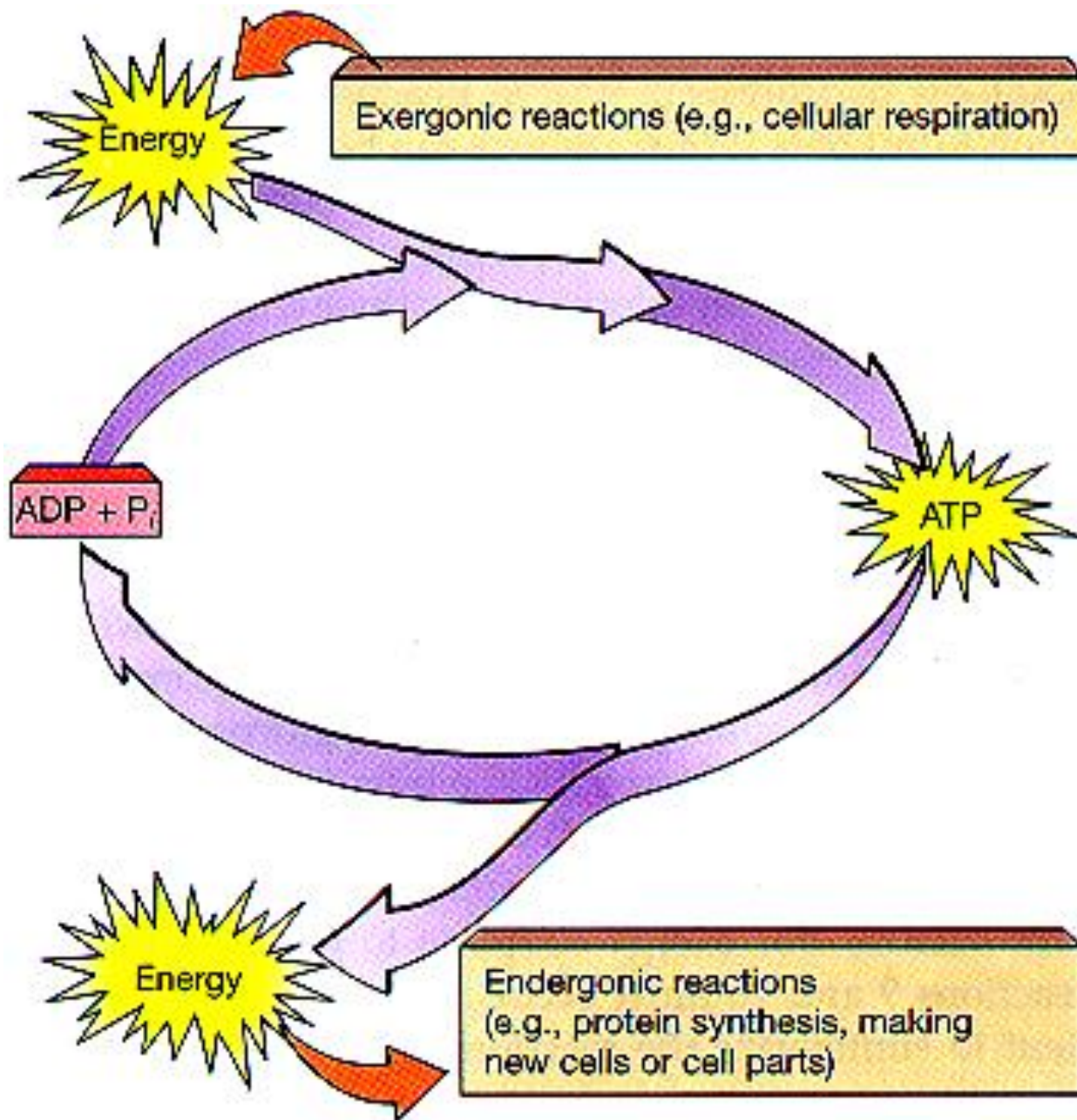
+

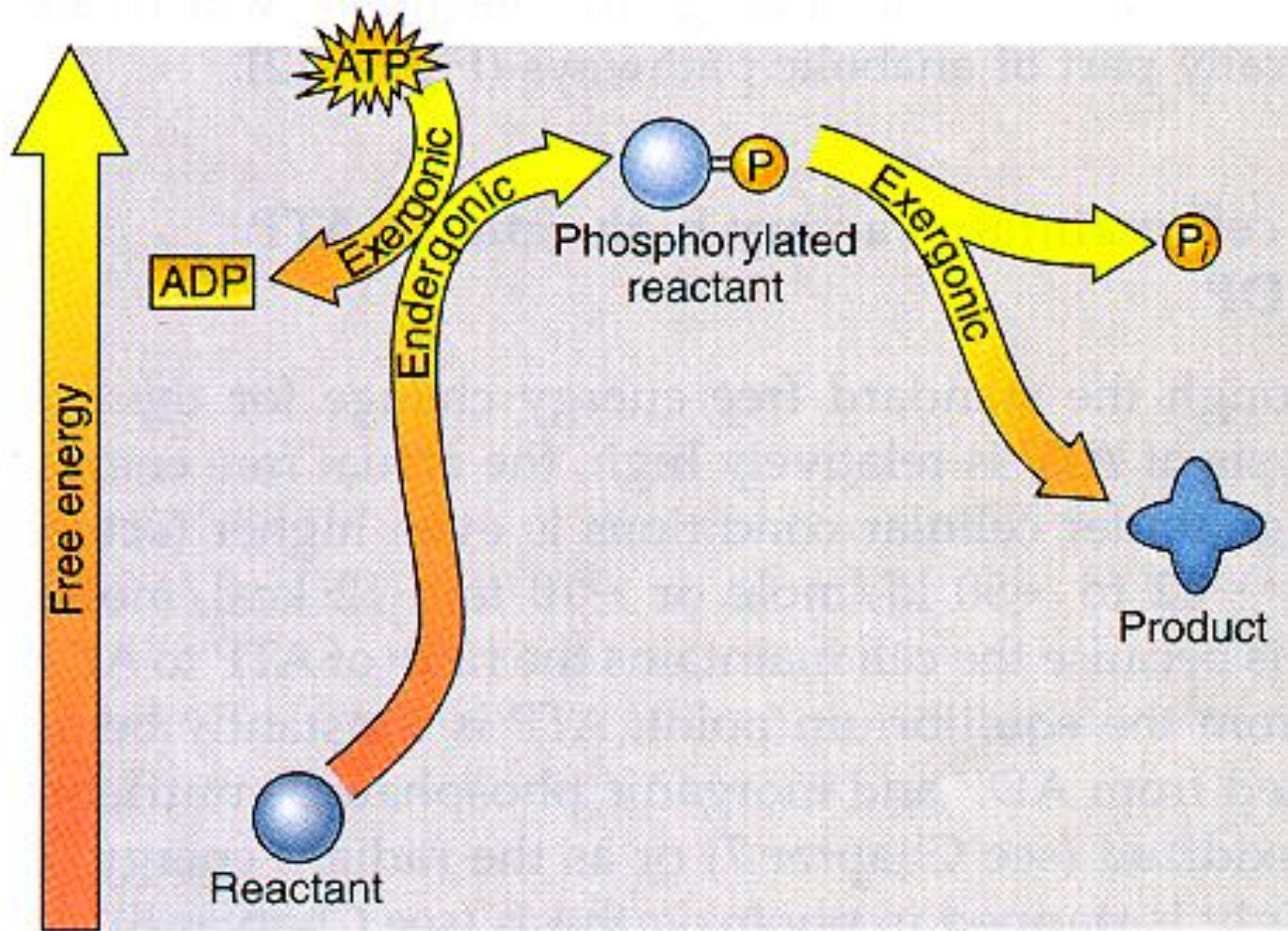


mechanical energy

DEGRADACIÓN EXERGÓNICA DEL ATP







FUENTES DE ENERGÍA: *ATP*

- **Metabolismo Anaeróbico:**
 - El Sistema ATP-PCr (*Fosfágeno*)
 - Glucólisis Anaeróbica
(*El Sistema de Ácido Láctico*)
- **Metabolismo Aeróbico
(Sistema de Oxígeno):**
 - Glucólisis Aeróbica
 - El Ciclo de Krebs (*Ciclo de Ácido Cítrico*)
 - El Sistema (o Cadena) de Transporte Electrónico (*Fosforilación Oxidativa*)

FUENTES ENERGÉTICAS

FUENTES DE ATP

```
graph TD; A[FUENTES DE ATP] --> B[ANAERÓBICO]; A --> C[AERÓBICA (Sistema de Oxígeno)]; B --> D[Sistema de ATP-PCr (Fosfágeno)]; B --> E[Glucólisis Anaeróbica]; C --> F[Glucólisis Aeróbica]; C --> G[Ciclo de Krebs]; C --> H[Sistema de Transporte Electrónico];
```

ANAERÓBICO

Sistema de
ATP-PCr
(Fosfágeno)

Glucólisis
Anaeróbica

AERÓBICA (Sistema de Oxígeno)

- Glucólisis Aeróbica
- Ciclo de Krebs
- Sistema de Transporte Electrónico

FUENTES ENERGÉTICAS

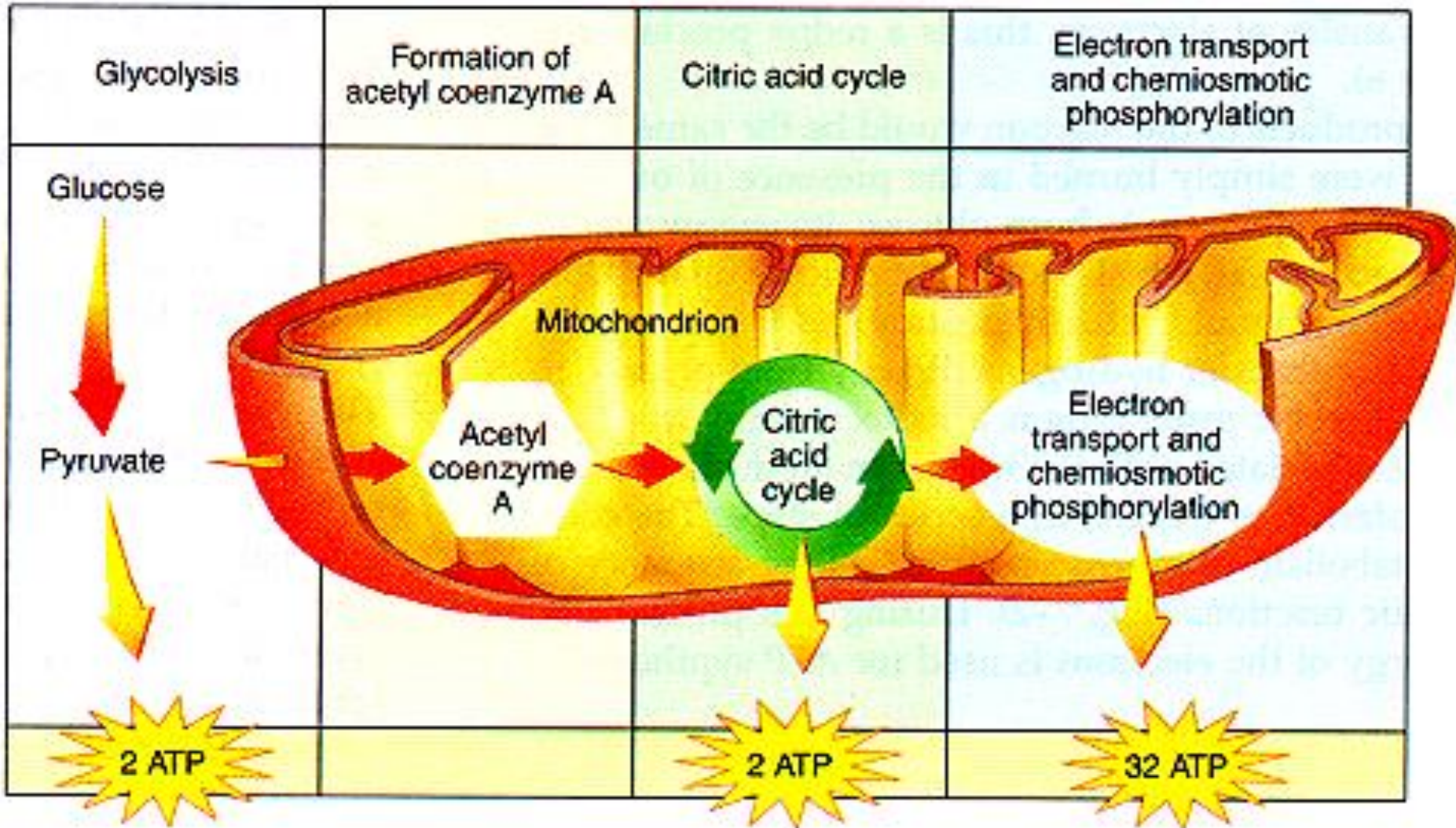
METABOLISMO CELULAR: *VÍAS METABÓLICAS DE ATP*

PRODUCCIÓN OXIDATIVA DE ATP

1. **Glucólisis Aeróbica**—citoplasma o sarcoplasma muscular
2. **Ciclo de Krebs**—mitocondria
3. **Cadena de transporte de electrones**—mitocondria

FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

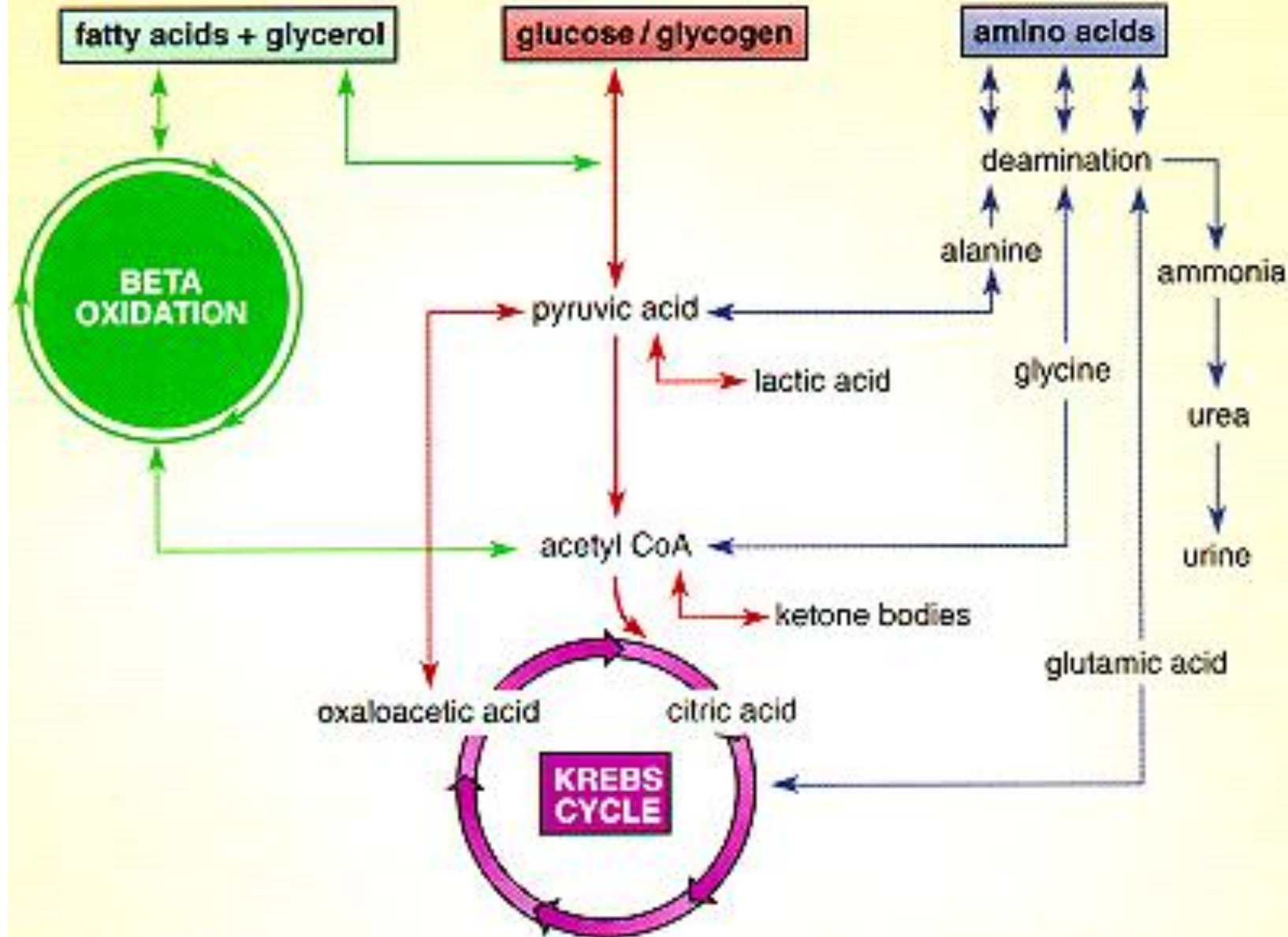
*** VÍAS: *METABÓLICAS* ***

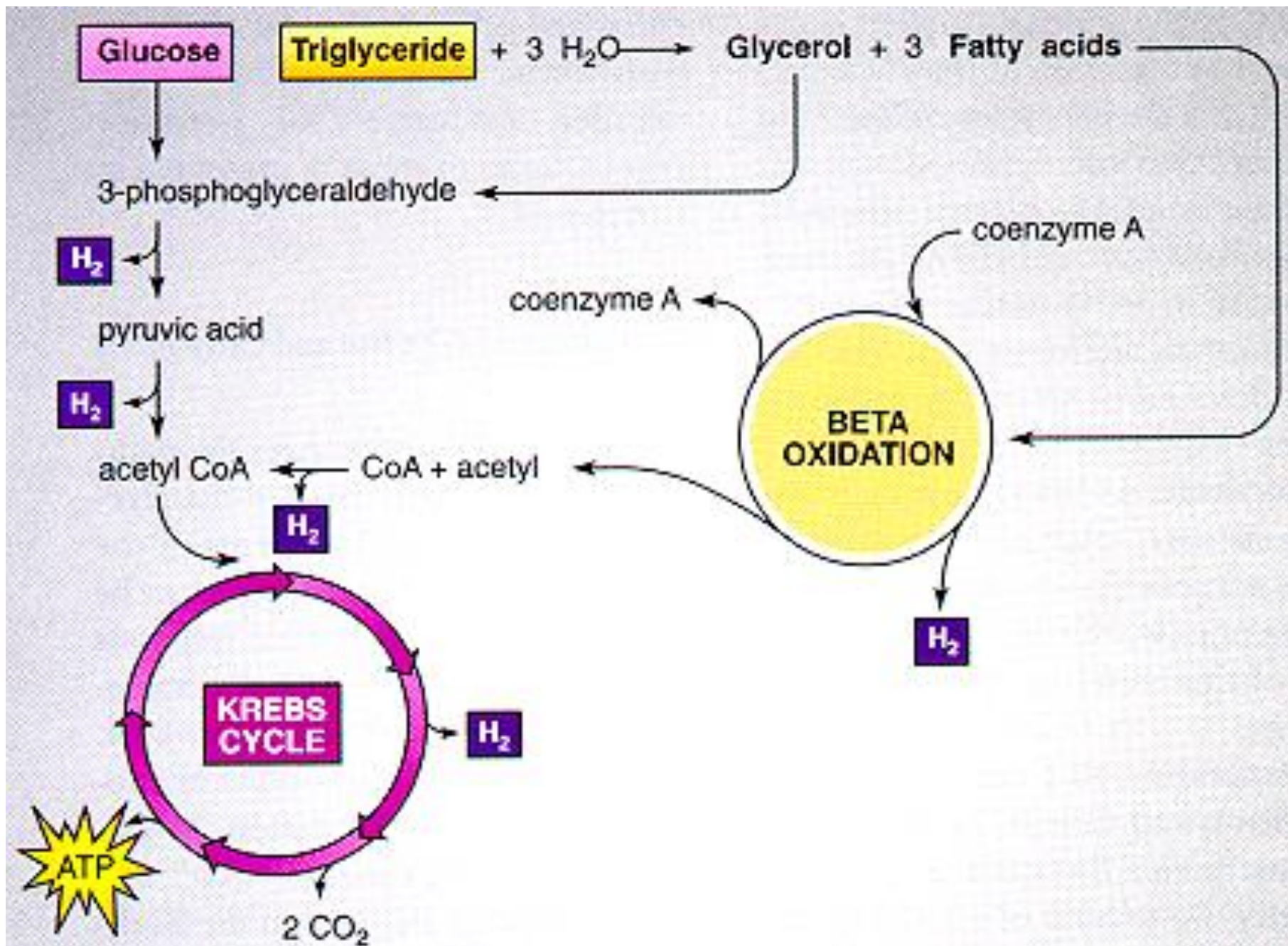


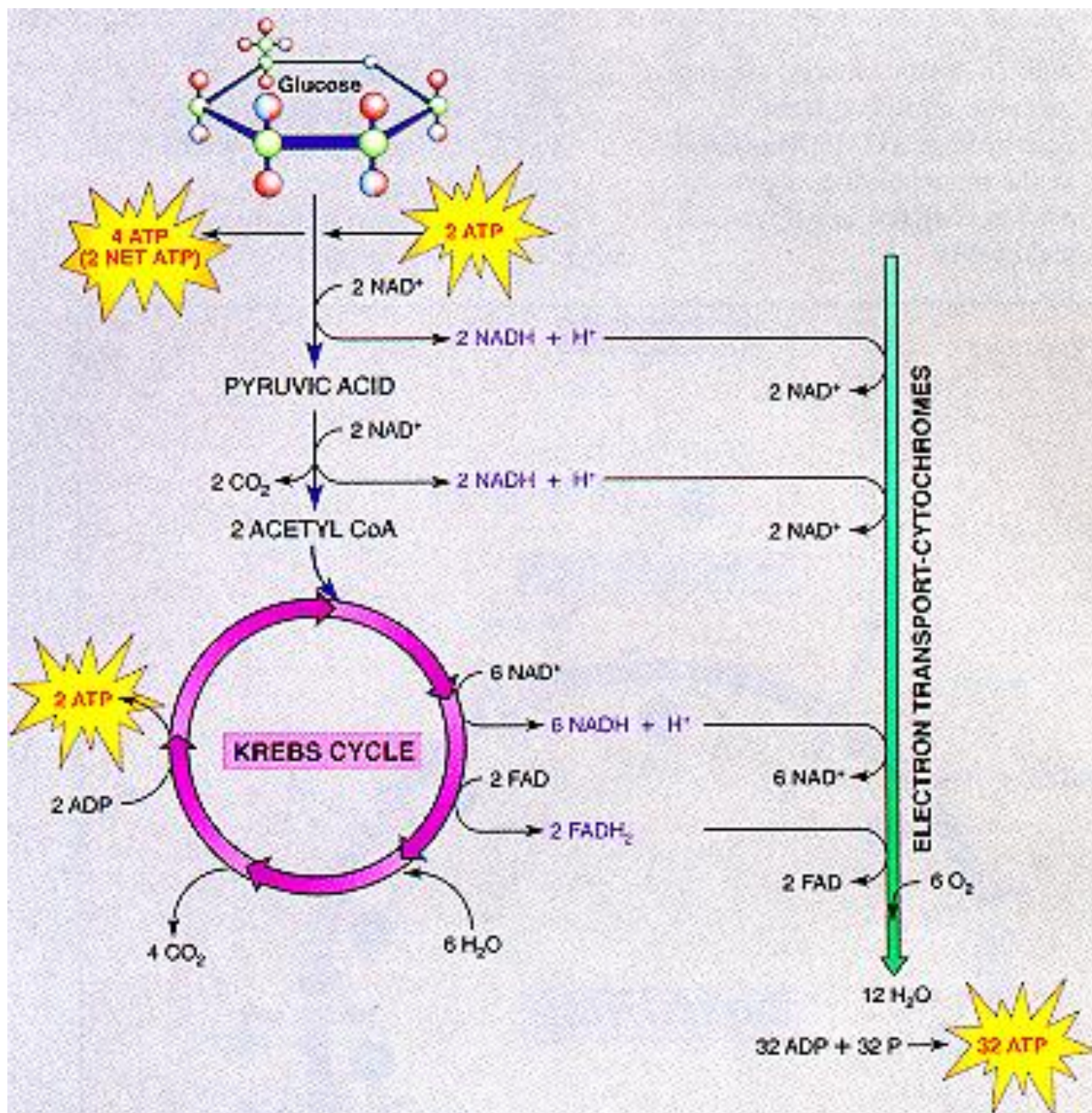
LIPIDS

CARBOHYDRATES

PROTEINS

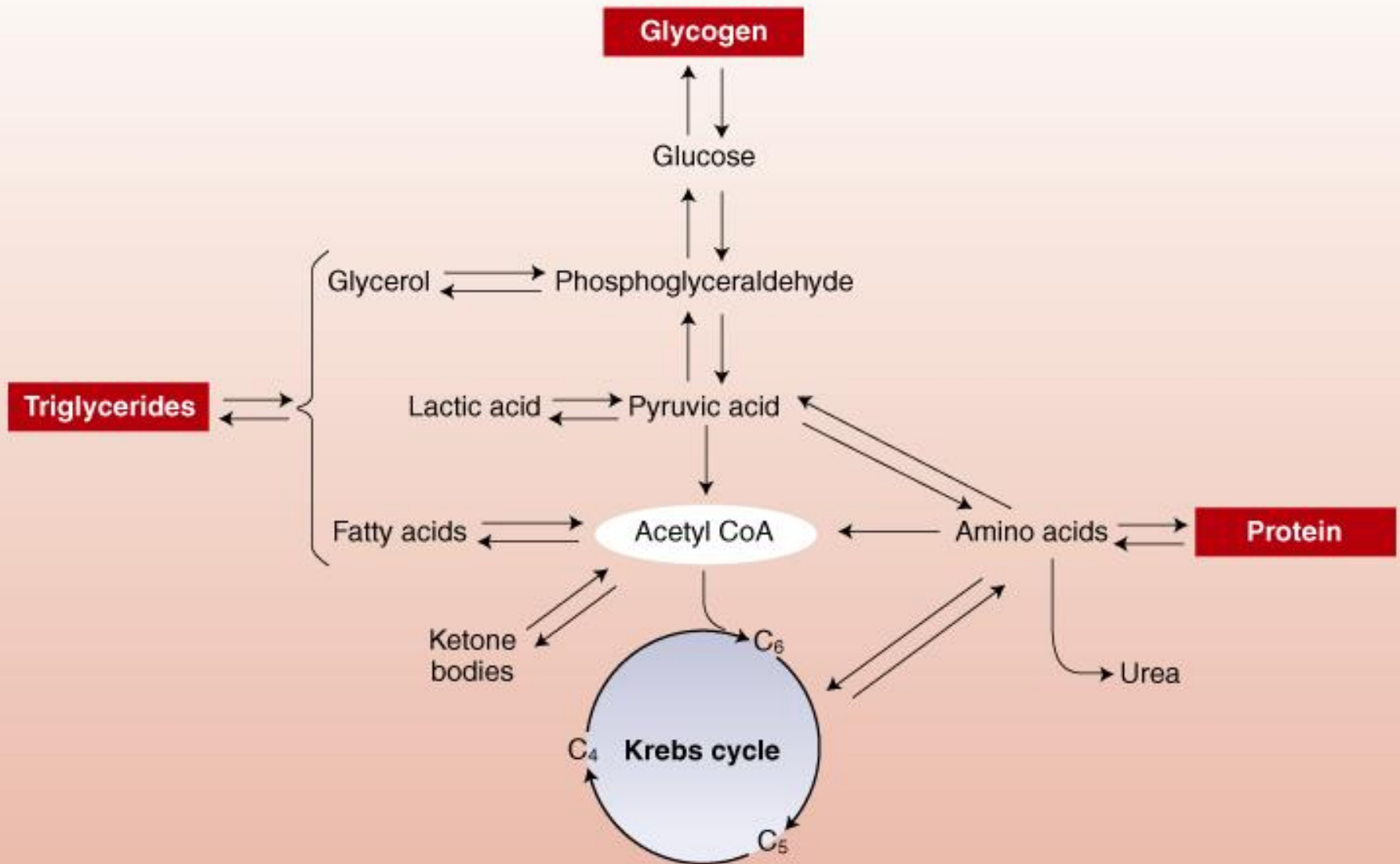






FUENTES ENERGÉTICAS: ATP

*** VÍAS: METABÓLICAS ***



FUENTES ENERGÉTICAS: ATP

*** VÍAS: METABÓLICAS ***

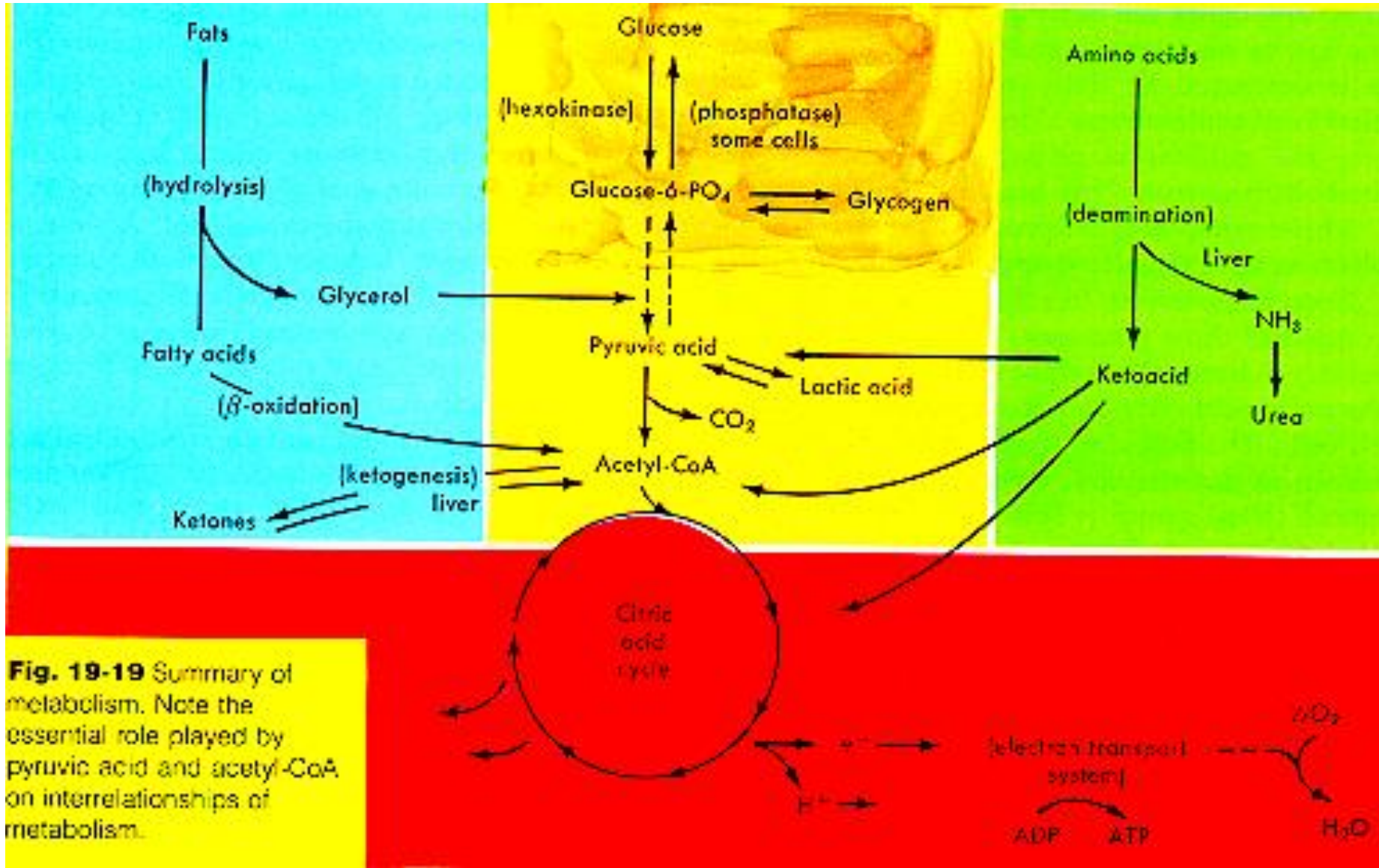
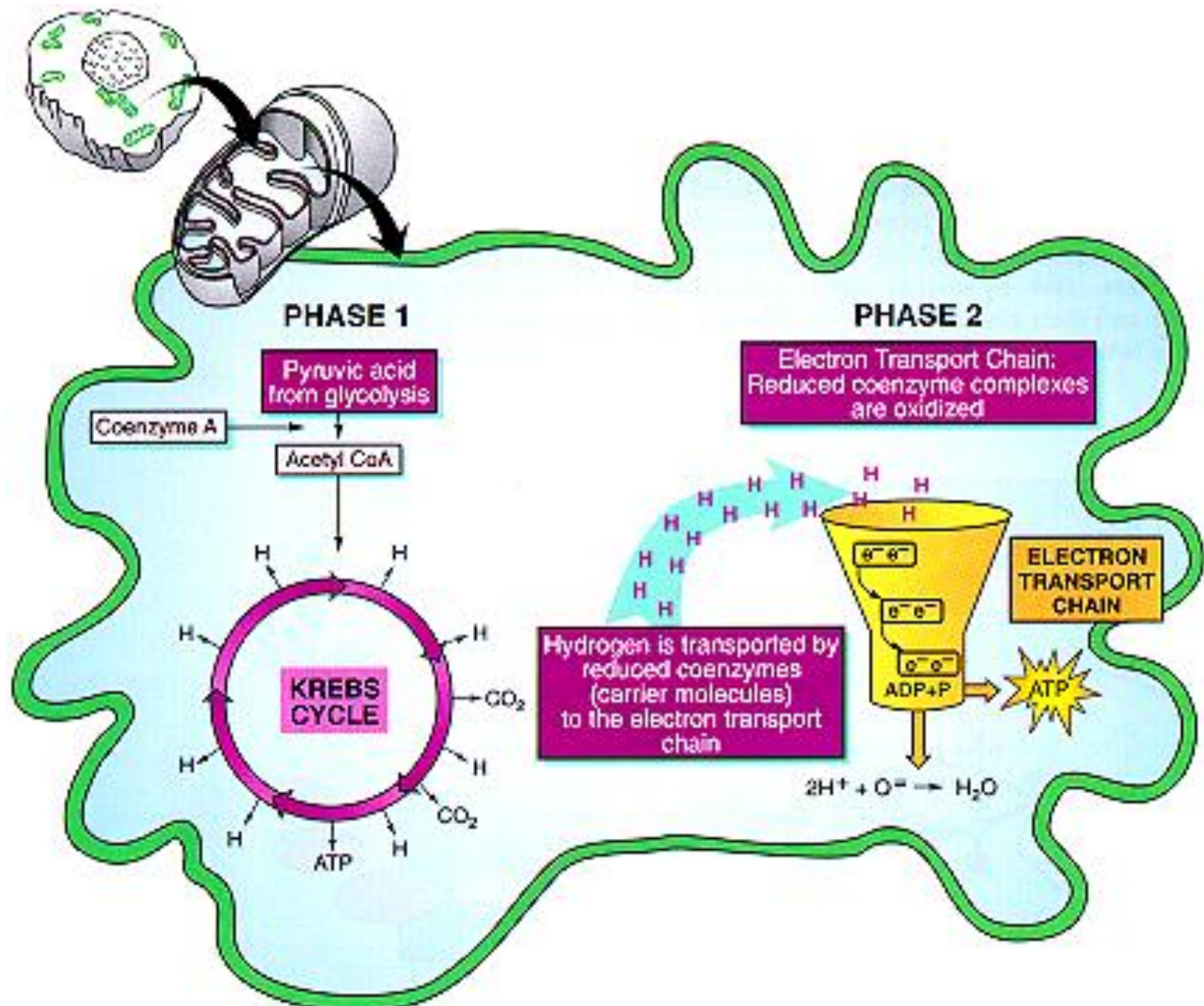


Fig. 19-19 Summary of metabolism. Note the essential role played by pyruvic acid and acetyl-CoA on interrelationships of metabolism.



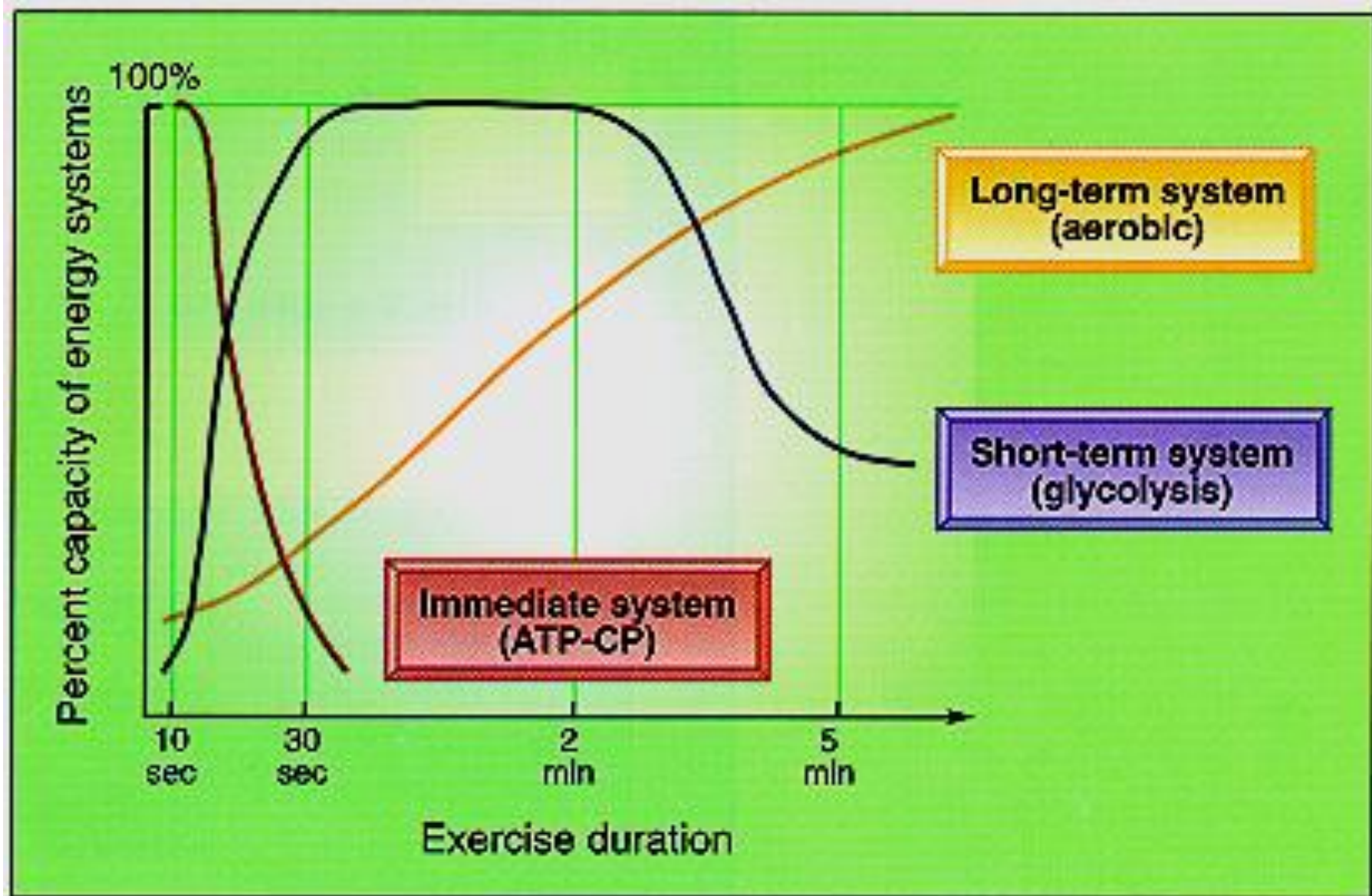


FIGURE 12-1. The three systems of energy transfer, and their relative degree of activation during all-out exercise of different durations.

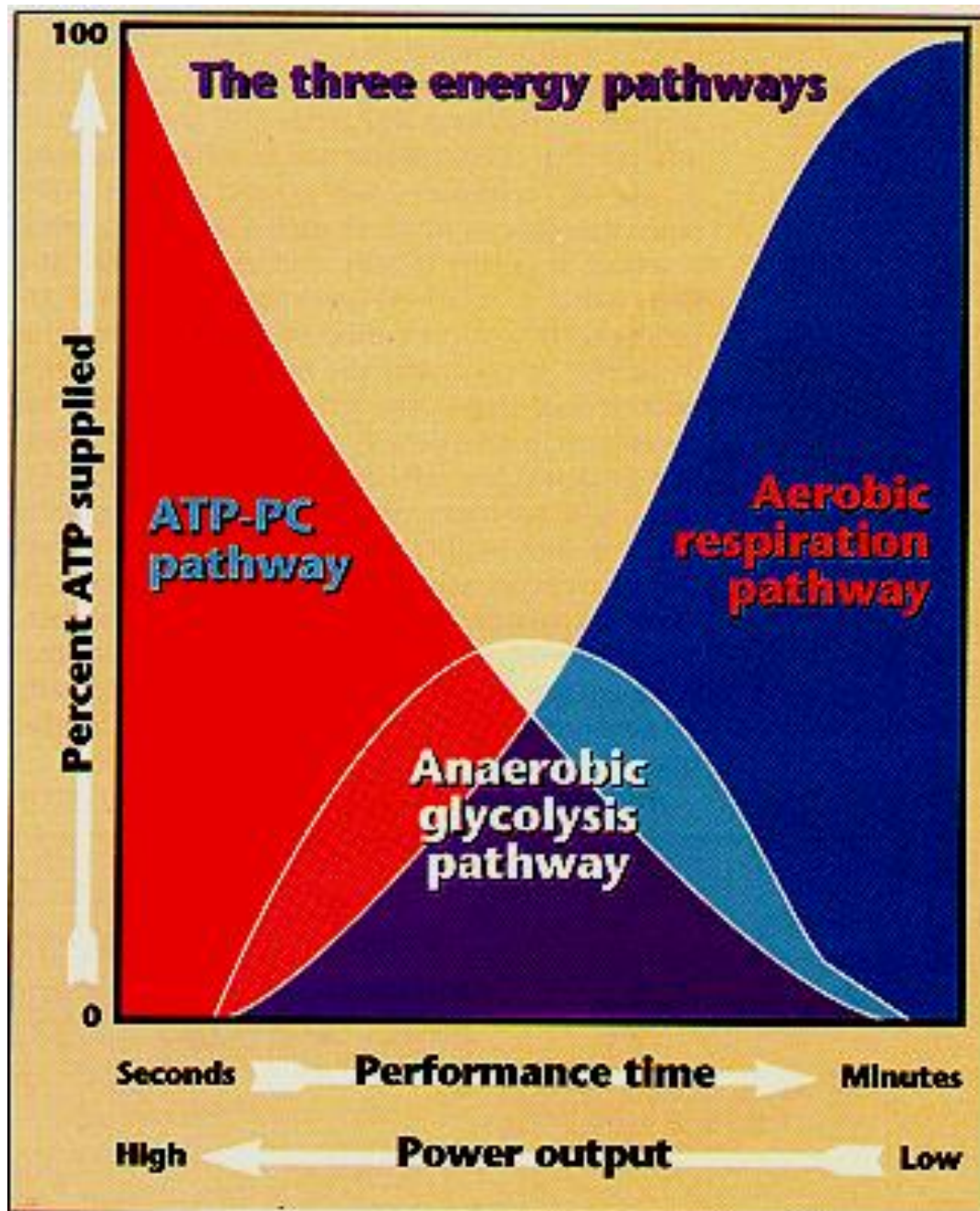
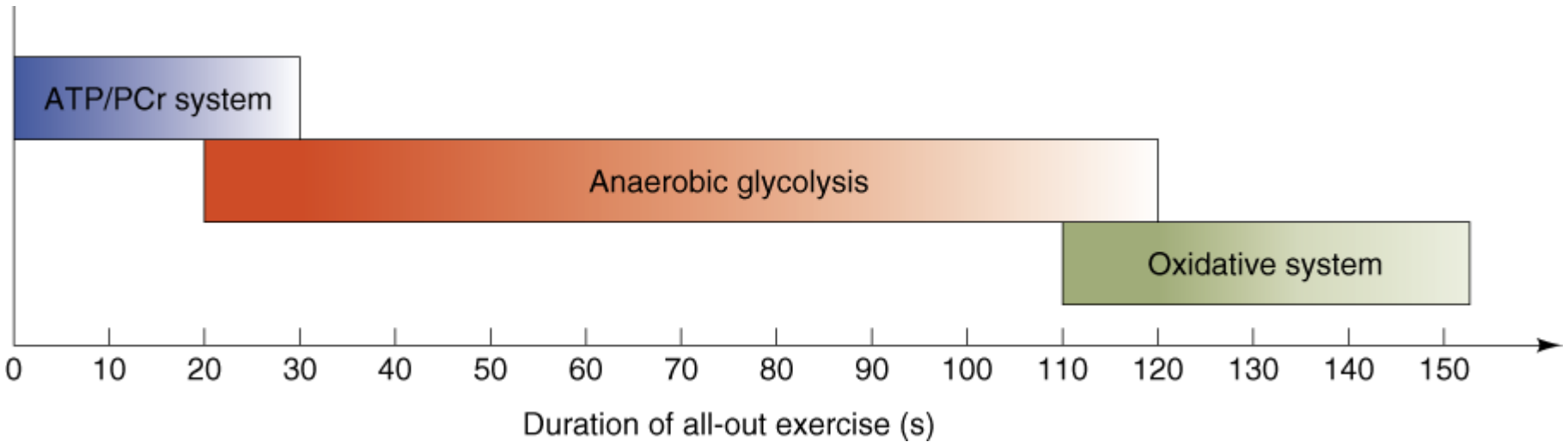
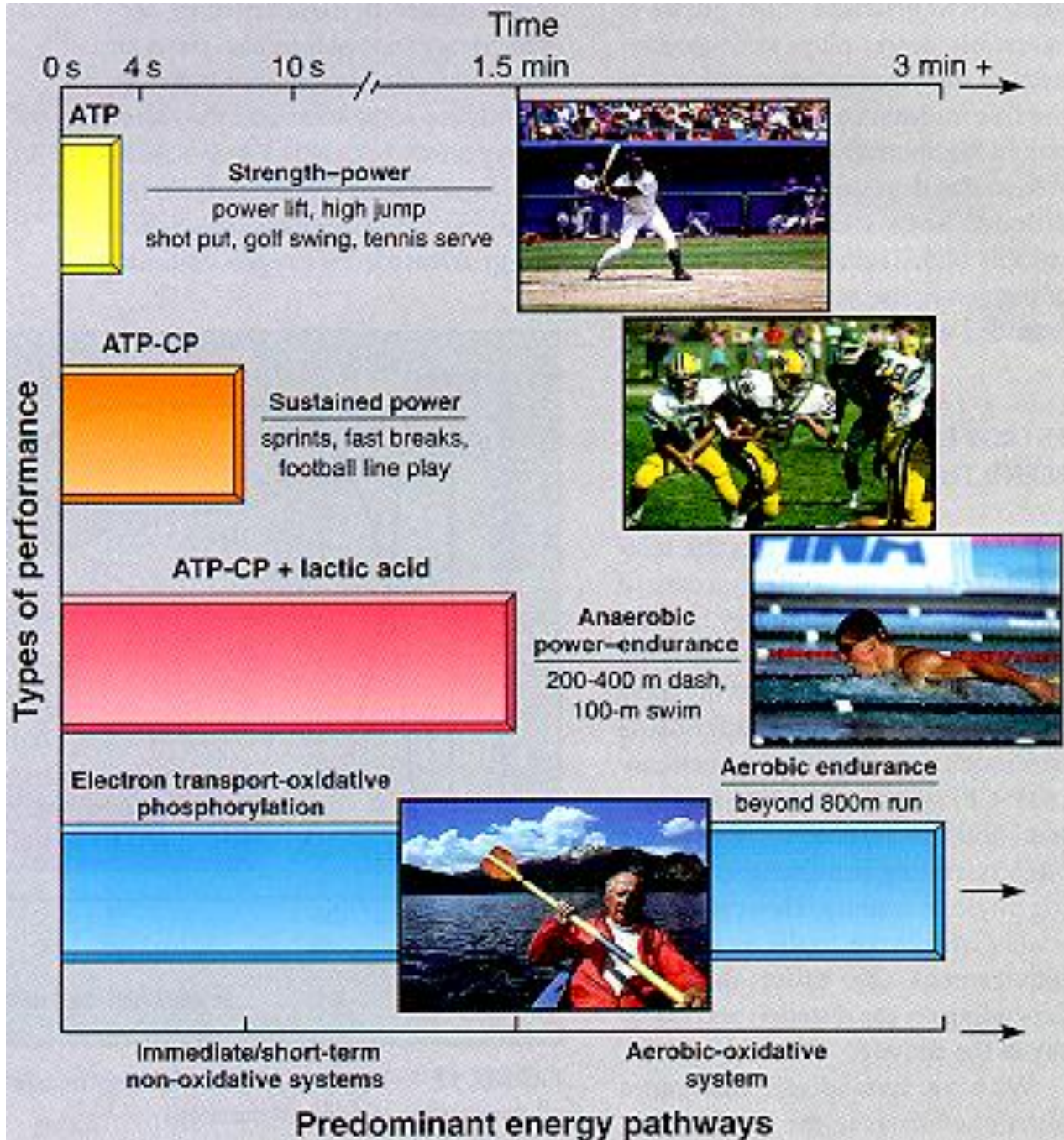


Figure 1. ATP contribution of the three metabolic pathways.

INTERACCIÓN DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS ILUSTRANDO EL SISTEMA ENERGÉTICO PREDOMINANTE





Consumo de ALIMENTOS (CHO, Grasas, PRO)

Célula

Metabolismo

Anaeróbico
(Sin Oxígeno
No Oxidativo)

ATP-PCr
(Fosfagénico)

Glucólisis
Anaeróbica

Aeróbico

(Con Oxígeno, Oxidativo)

Glucólisis
Aeróbica

Ciclo de Krebs
(Ciclo de Ácido Cítrico)

Cadena de
Transporte
Electrónico

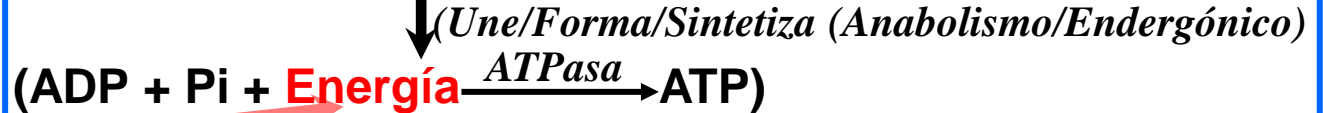
Combustibles Metabólicos/Sustratos/Sustancias Nutricias/Nutrimientos
[Fosfocreatina (PCr), Glucosa, Glucógeno, Ácidos Grasos Libres, Aminoácidos]

Reacciones Acopladas

Fosforilación

(Almacenaje de Energía formando ATP a partir de otras fuentes Químicas)

Reacción Acoplada



(Catabolismo)

(COMIDA: CHO, Grasas, PRO)

ATP

[Adenina + Ribosa + Tres Fosfatos (Pi)]



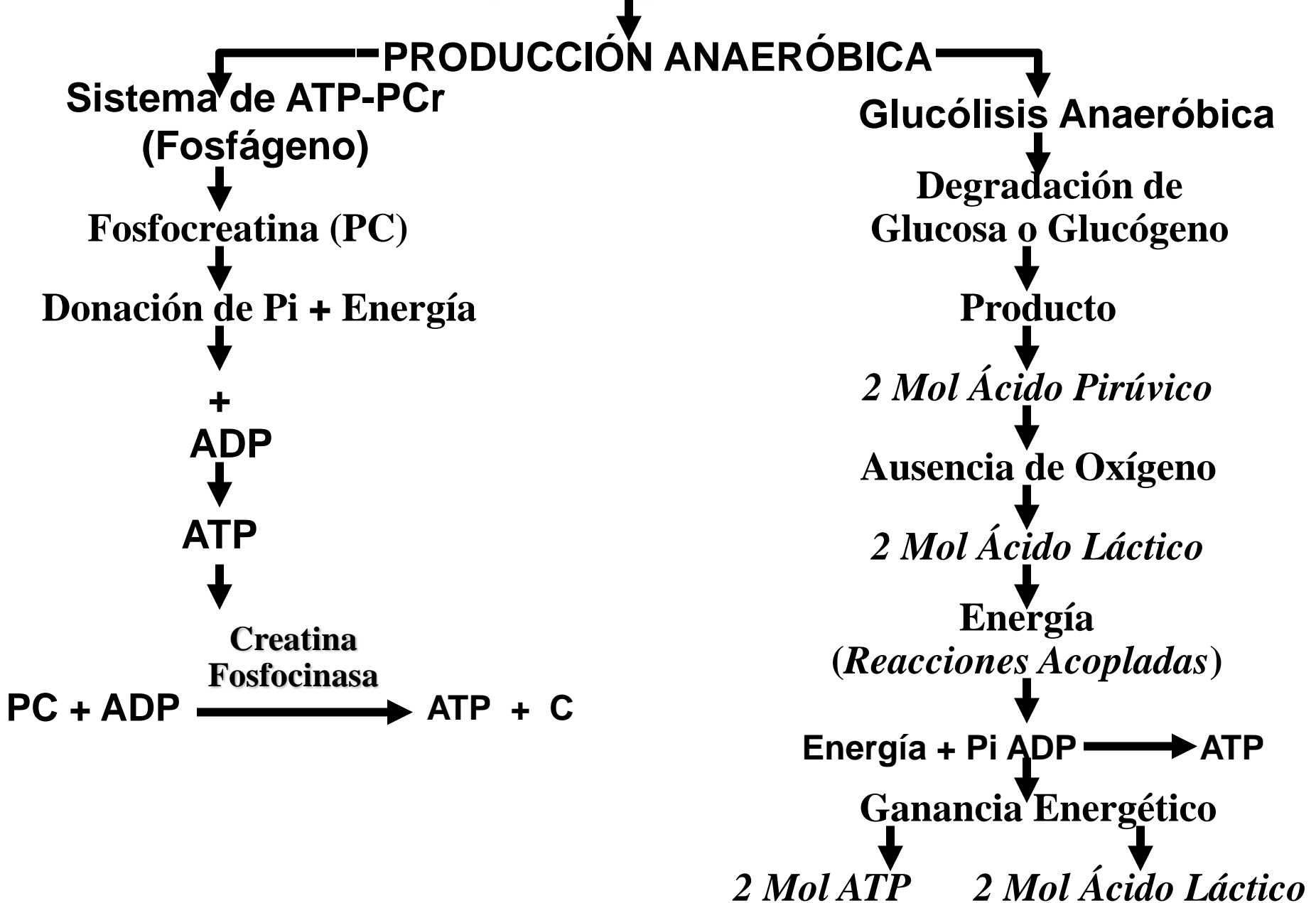
Energía Libre

Trabajo Biológico $\xrightarrow{\text{(Ejemplo)}}$ Contracción Muscular

Reciclar para
formar ATP

(también se puede)

FUENTES DE ATP



Enlace de Fosfato de Alta Energía



CREATINA DE FOSTATO
©
FOSFOCREATINA

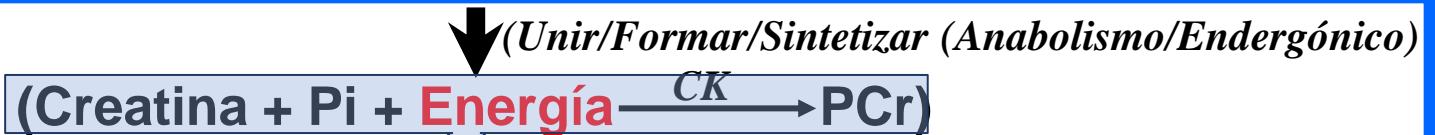
SISTEMAS ENERGÉTICOS BÁSICOS VÍA ANAERÓBICA DEL ATP: *ATP-PCr*

SISTEMA DE ATP-PCr
(FOSFÁGENO/FOSFAGÉNICO)
(3 - 15 seg.)

↓
Alimentos
(CHO, Grasas, PRO)

↓ (Catabolismo- Libera **ENERGÍA** para:)

Reacción
Acoplada



↓
Fosfocreatina (PCr)

↓ (Catabolismo)

Forma

↓ (Anabolismo)

ATP

↓ (Catabolismo)

Energía Libre ||



**Contracción
Muscular**

SISTEMA DE: *ATP-PCr*

ACTIVIDAD MUSCULAR INTENSA/EXPLOSIVA (ANAERÓBICA)
(Ej: *Eventos de Velocidad, Salto a lo Alto*)

↓
Primeros pocos Segundos
(3 a 15 segundos)

↓
Fosfocreatina (PCr)

↓ (Catabolismo)



↓
Utilizada para Restaurar el ATP

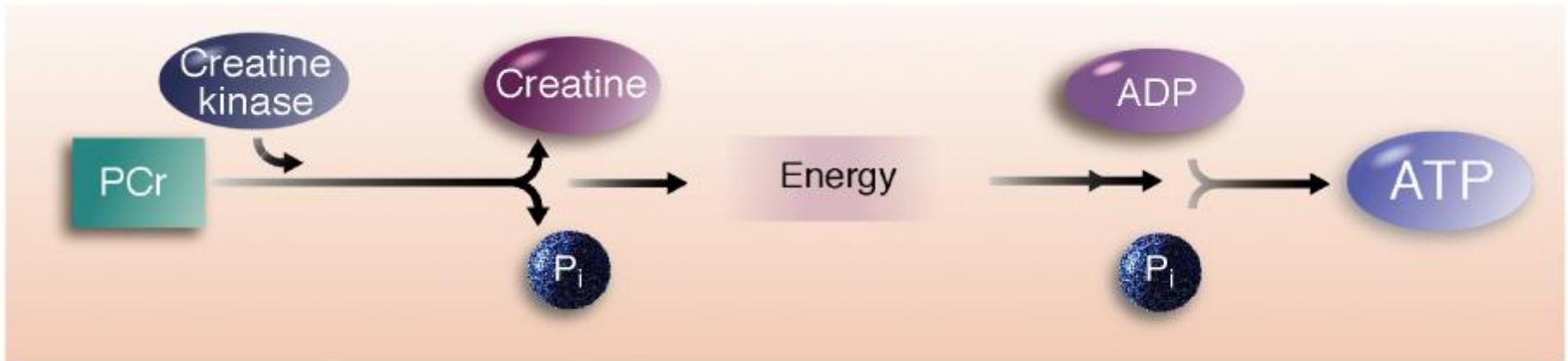


↓
Energía Libre

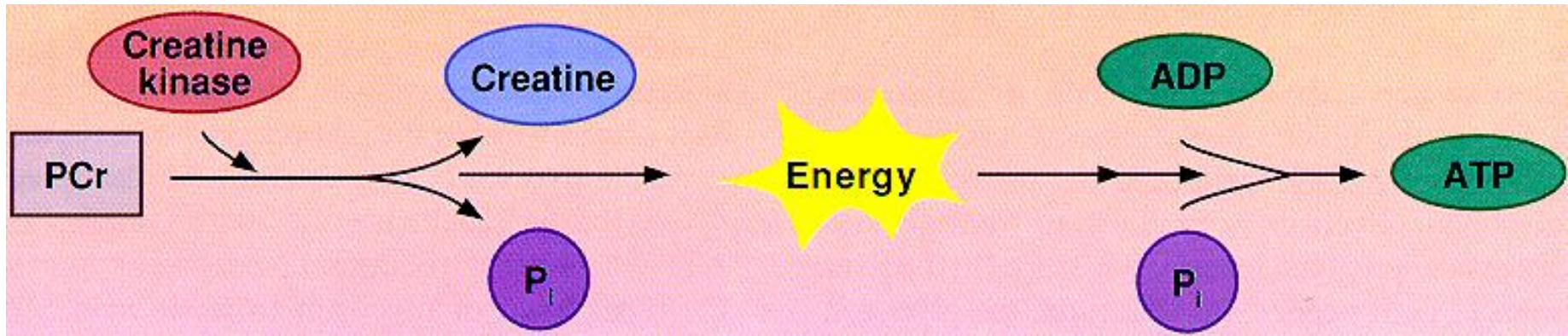
↓
Trabajo Biológico

(Ej: *Contracción Muscular, Deportes Vigorosos de 3 - 15 Segundos*)

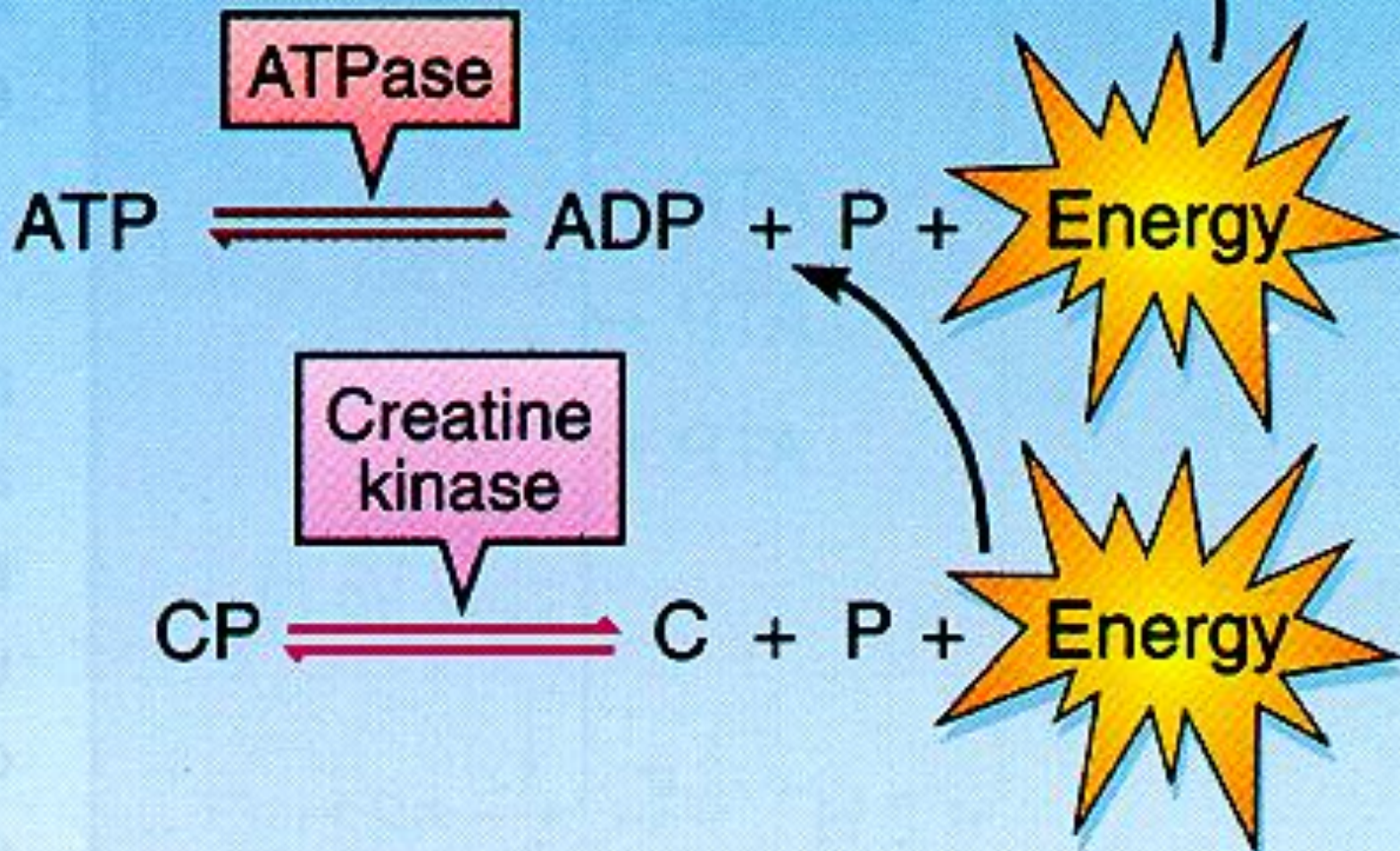
RESTAURACIÓN DEL ATP: *ENERGÍA DERIVADA DE LA PCr*



RESTAURACIÓN DEL ATP: *ENERGÍA DERIVADA DE LA PCr*



Biologic work



DEGRADAMIENTO Y SÍNTESIS DEL *GLUCÓGENO*

Glucólisis—Degradamiento de la glucosa; puede ser anaeróbica o aeróbica

Glucogénesis—Proceso mediante el cual el glucógeno es sintetizado de la glucosa para ser almacenado en el hígado

Glucogenólisis—Proceso mediante el cual el glucógeno es descompuesto en glucosa-1-fosfato para ser utilizado por los músculos

SISTEMA GLUCOLÍTICO

**SISTEMA GLUCOLÍTICO
(GLUCÓLISIS ANAERÓBICA)
(1 - 3 minutos)**

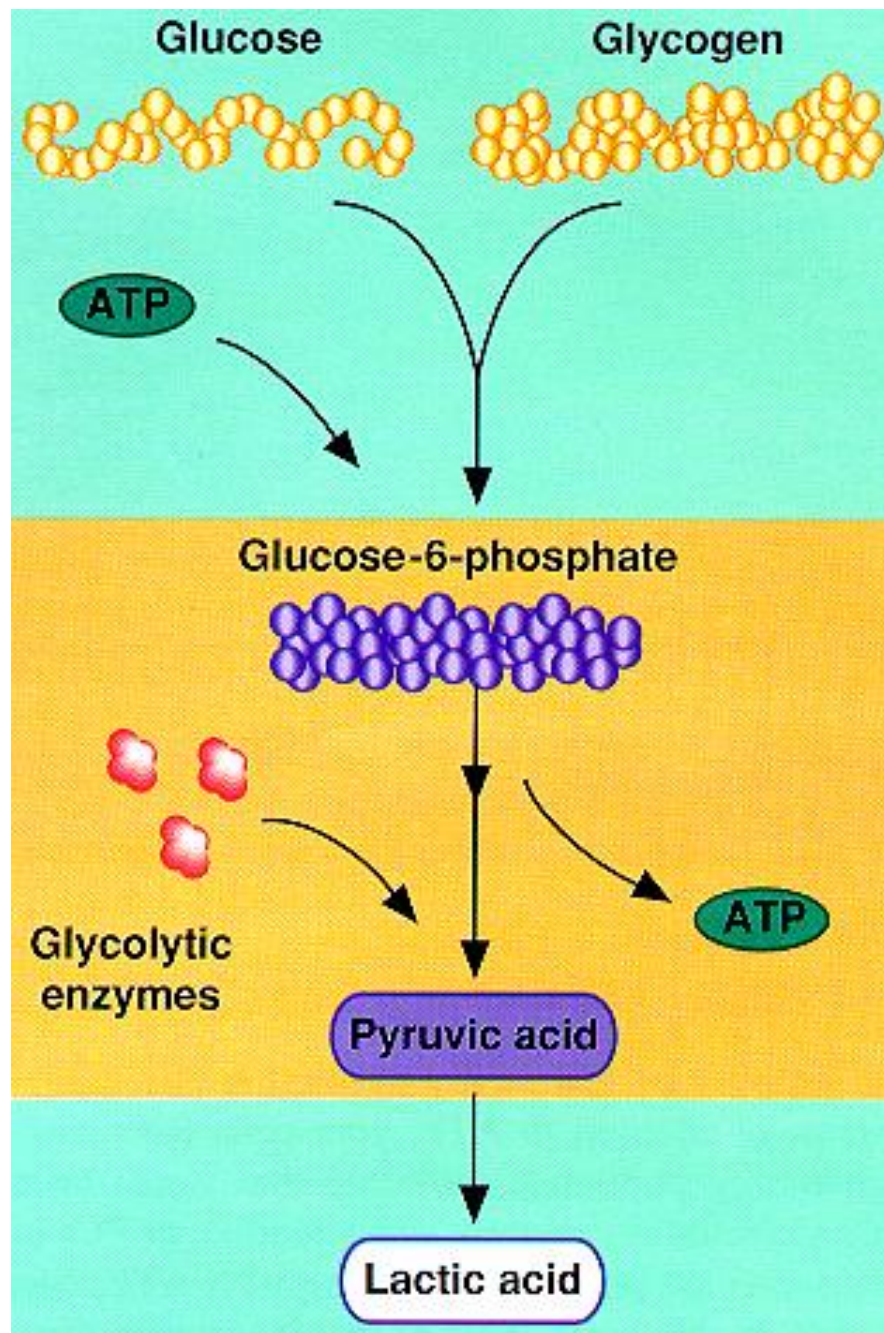
Alimentos (CHO)

Glucosa / Glucógeno

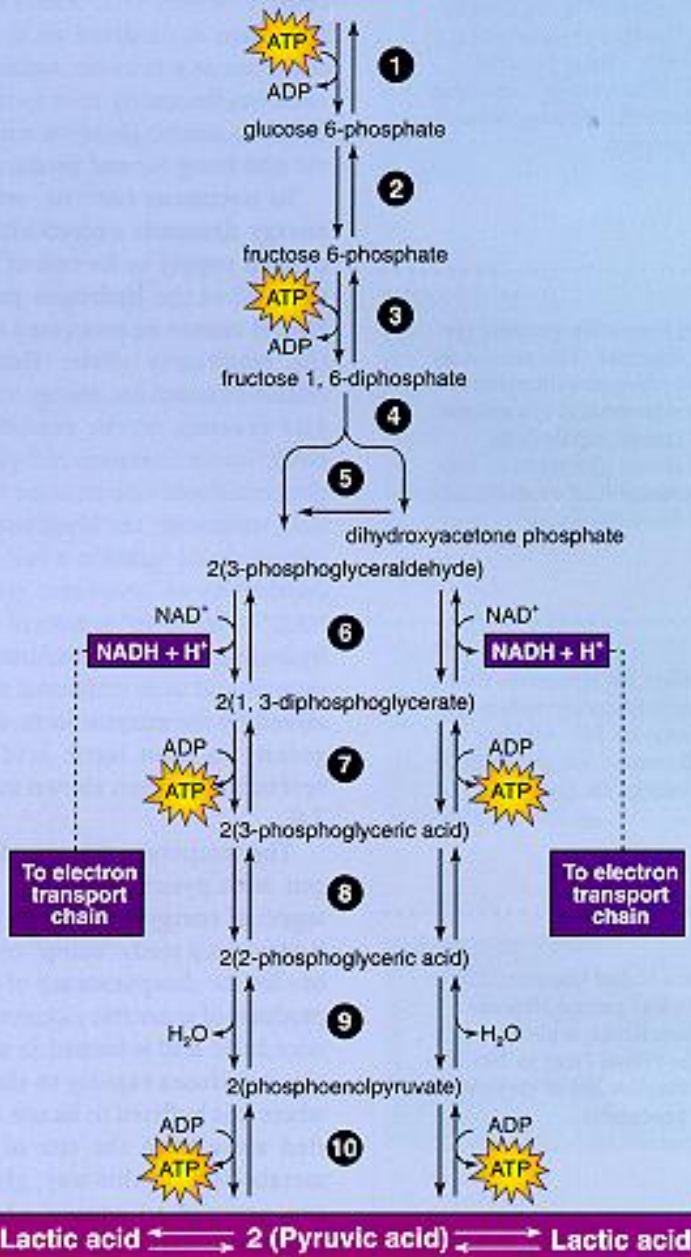
Glucólisis
*(Descomposición/Lisis de la Glucosa
mediante Enzimas Glucolíticas)*

Forma
(Vía Reacciones Acopladas)

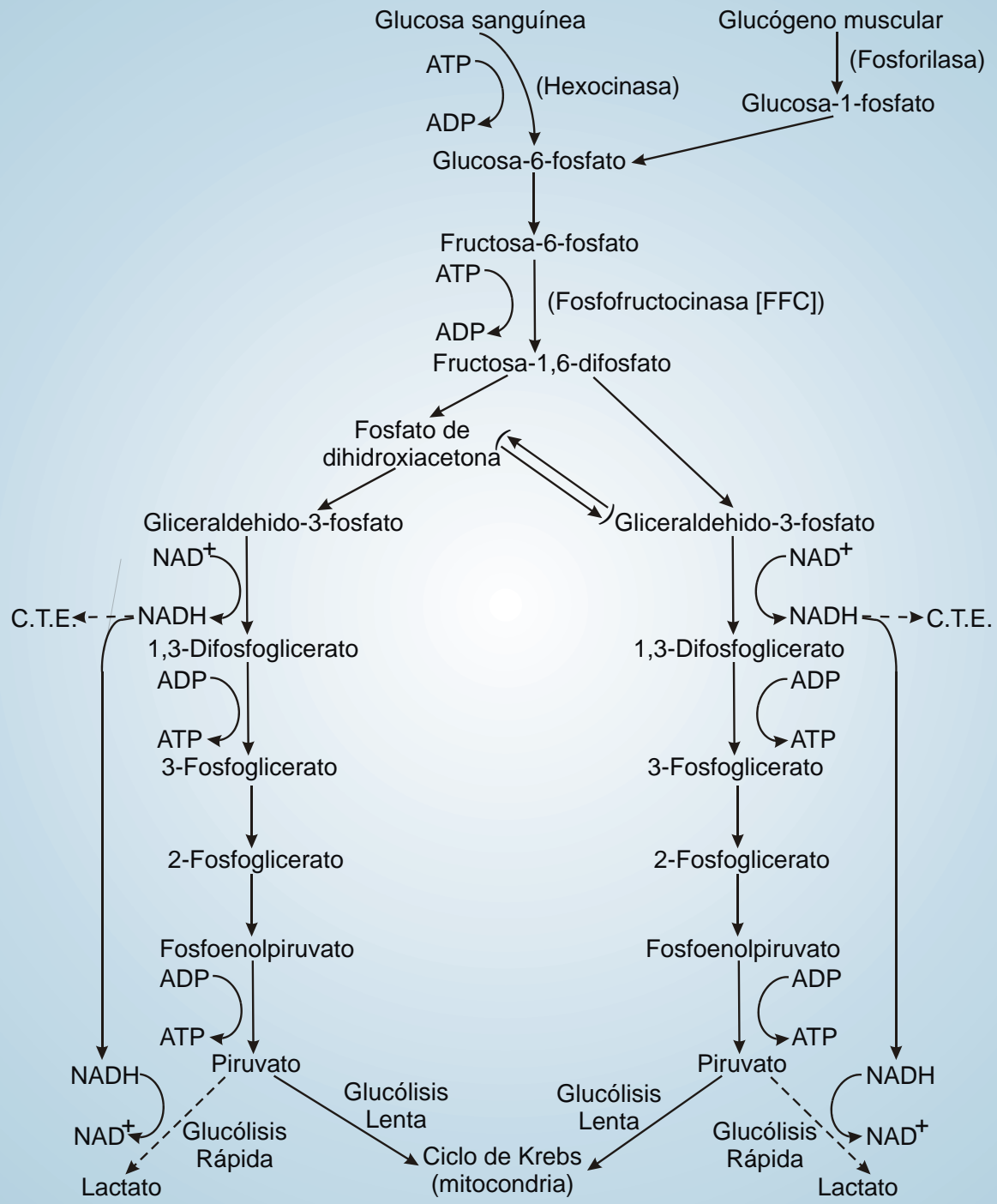
ATP



Glucose



Lactic acid \rightleftharpoons 2 (Pyruvic acid) \rightleftharpoons Lactic acid



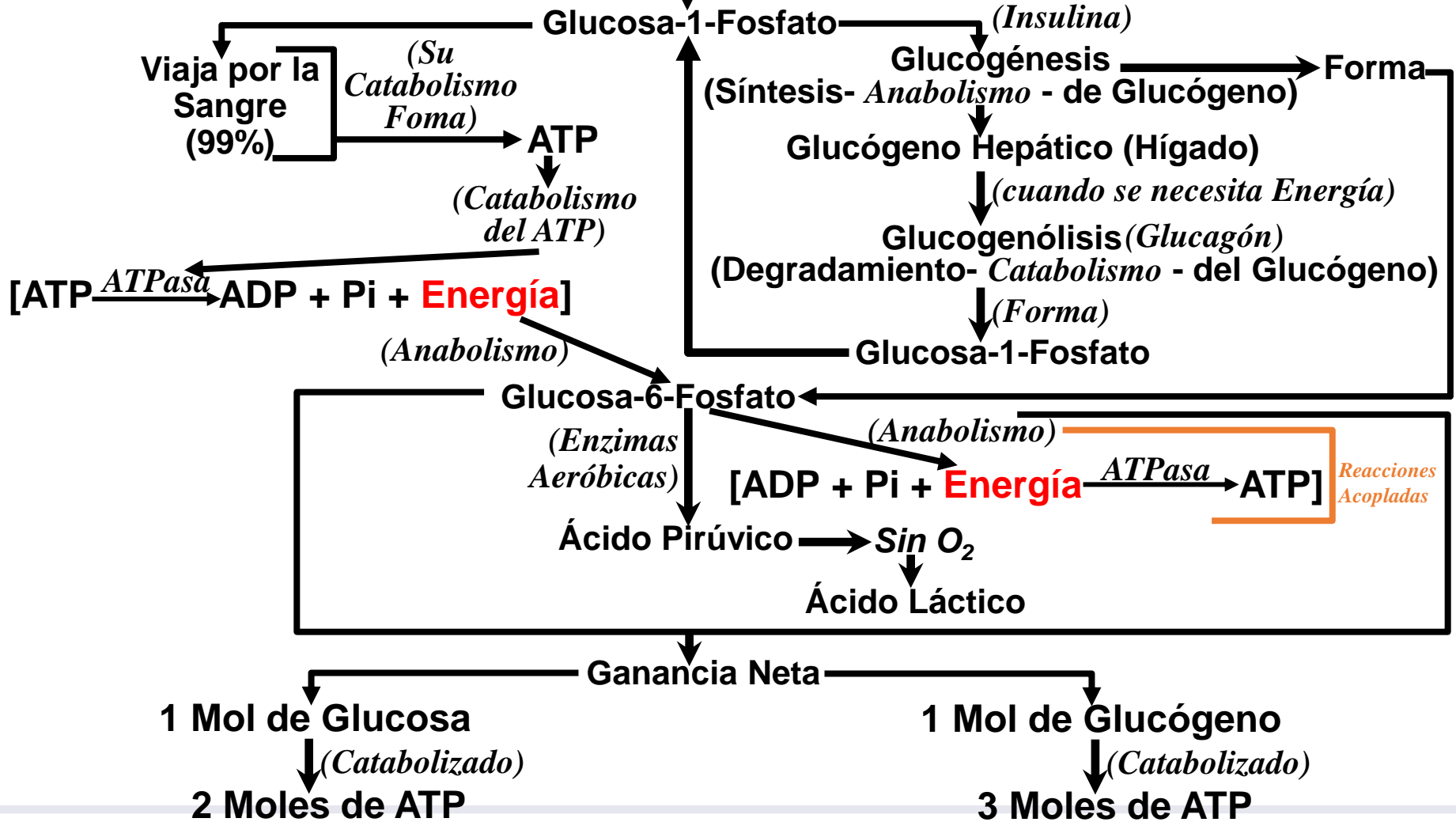
Ejercicios de Intensidad Elevada (Anaeróbicos) (Ej: Velocidad – 100 m)

Primeros Minutos (1 - 3 minutos)

Alimentos (CHO)

(Se Digieren y Catabolizan)

Forma/Sintetiza (Anabolismo)



SISTEMA GLUCOLÍTICO (GLUCÓLISIS ANAERÓBICA)

↓ *(Catabolismo, forma:)*

Glucosa-6-Fosfato

↓ *(Cataboliza, forma:)*

Ácido Pirúvico

Ausencia de O₂

↓ *(Forma Desecho Metabólico:)*

Ácido Láctico

↓

Se Acumula en

**Músculos Esqueletales
(Intramuscular)**

**Líquidos Corporales
(Ej: Sangre)**

En un Evento de Velocidad (Ej: 100m - 800m)

↑ **Ácido Láctico
(25 mmol/kg)**

↓ *(Causa)*

**Acidosis Metabólica
(↓pH; Acidificación)**

**Dificulta Función
Enzimática Glucolítica**

↓ **Catabolismo Glucógeno**

↓ **Disponibilidad de Energía**

↓ **Capacidad Combinar el
Calcio de las Fibras**

↓ **Impide la
Contracción Muscular**

→ **FATIGA** ←

SISTEMA GLUCOLÍTICO

GLUCÓLISIS ANAERÓBICA

↓
Ácido Láctico
($C_3H_6O_3$)

↓ (*Disocia rápidamente*)

Libera H^+

↓
Compuesto Restante se Une con

↓ ↓
 Na^+ ó K^+

↓ (*Forma*)

Sal
(LACTATO)

EL SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)

FUENTES DE ATP



PRODUCCIÓN AERÓBICA



**Ciclo de Krebs
(Ciclo del Ácido Cítrico o
Ciclo del Ácido Tricarboxílico)**

***Serie Cíclica de Reacciones
Enzimáticamente Catalizadas
que se Ejecutan mediante un
Sistema Multienzimas***



**Cadena del Transporte
Electrónico y la
Fosforilación Oxidativa**

SISTEMA OXIDATIVO

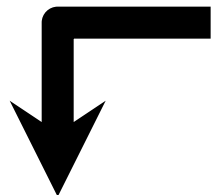
1 Mol de Glucosa o AGL



Metabolismo



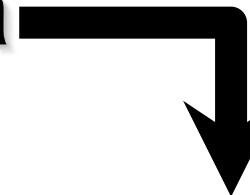
Energía Liberada



40 %



**Capturada para Formar
ATP**

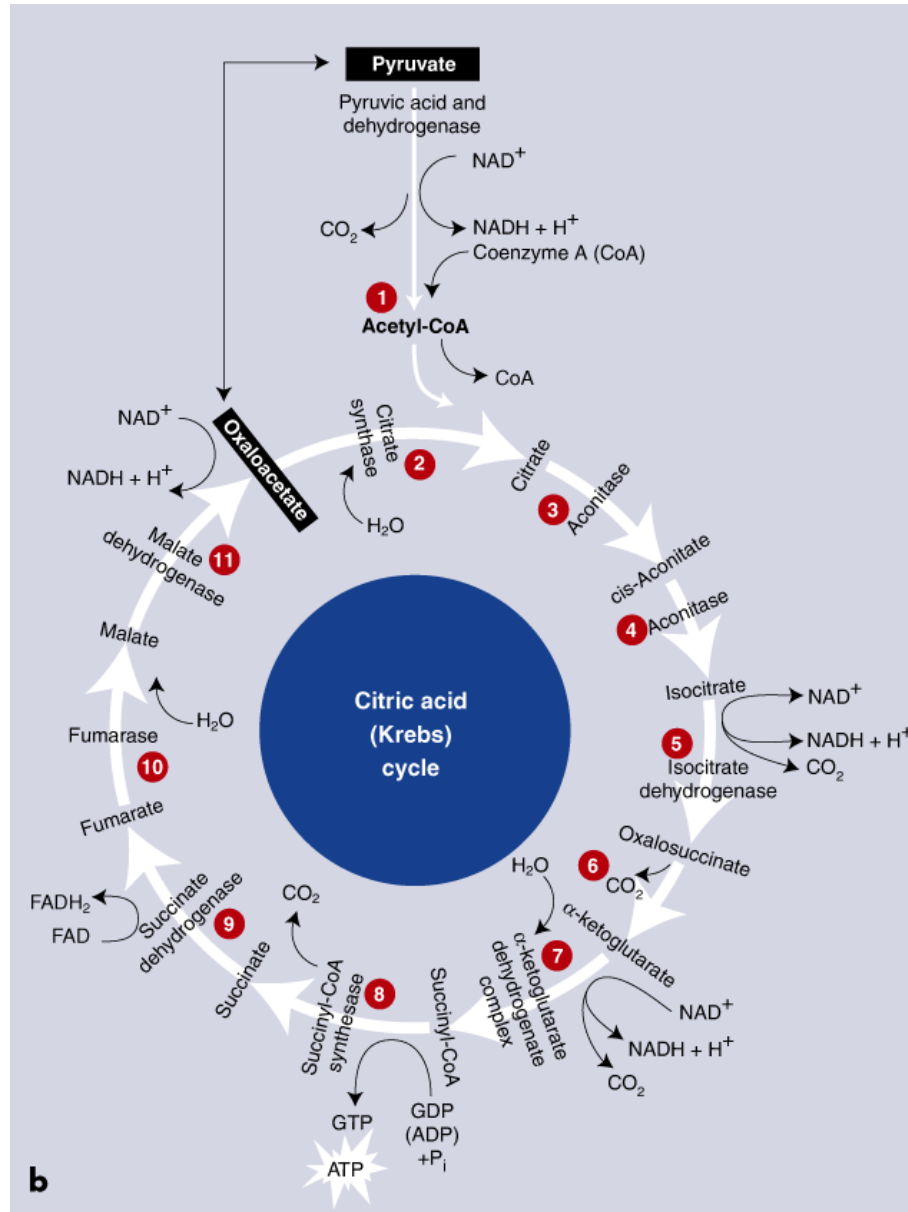


60 %



**Disipada como
Calor**

CICLO DE KREBS



SISTEMA OXIDATIVO

SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)

↓ *(Con Oxígeno)*

Respiración Celular
(presencia de O₂)



Catabolismo de
Sustratos/Combustibles
(CHO, Grasas y Proteínas)



Para Generar Energía (ATP)



(Método/Vía Principal Producción de Energía [ATP])

Eventos/Deportes de Tolerancia Cardiorrespiratoria/Aeróbica
(Ej: Carreras Pedestres de Larga Distancia)



Principalmente la
Oxidación de los
CHO



Mediante las
Vías Metabólicas

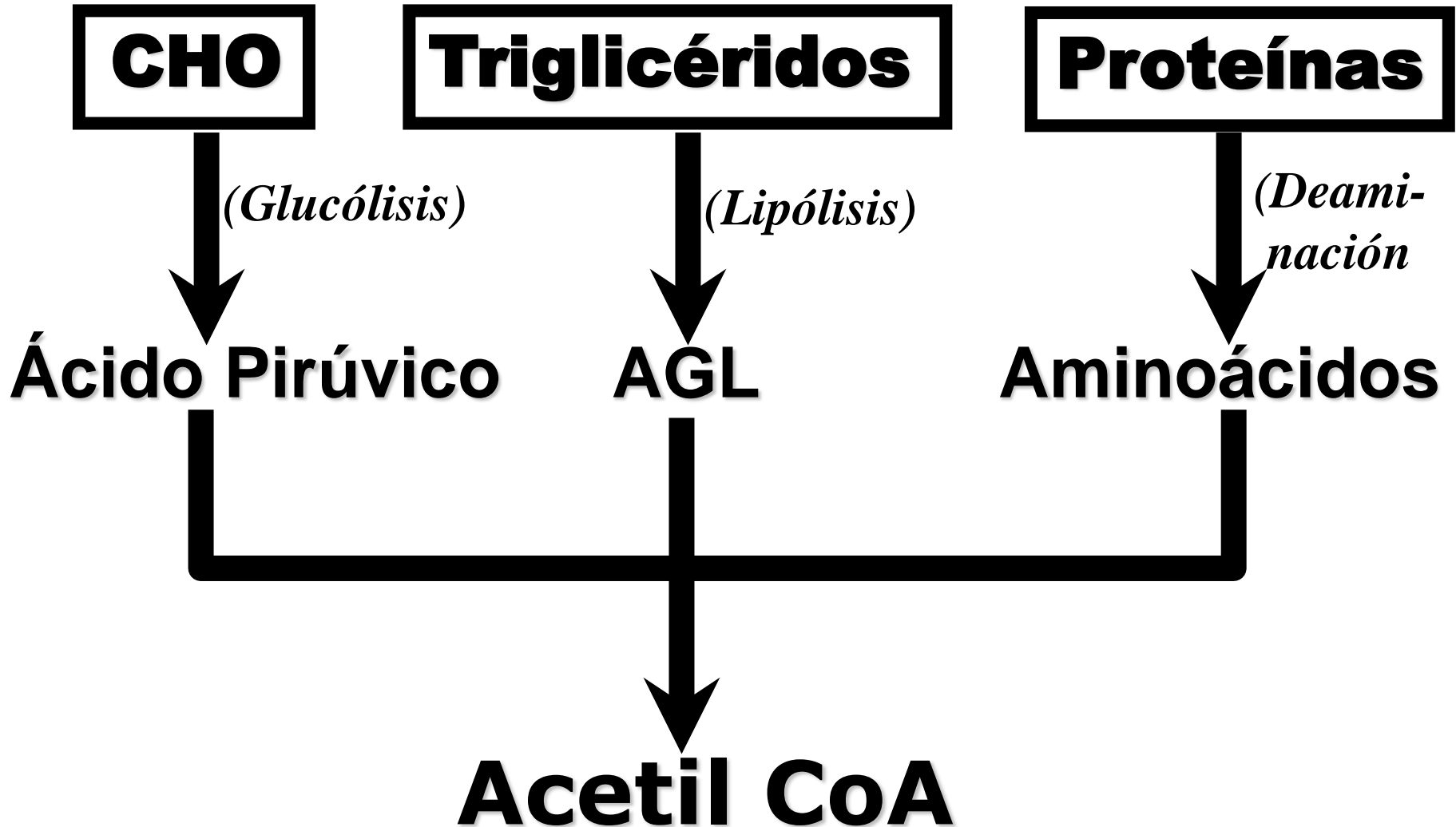
Glucólisis Aeróbica
(Citoplasma/Sarcoplasma)

→ Ciclo de Krebs

→ Cadena de Transporte de Electrones

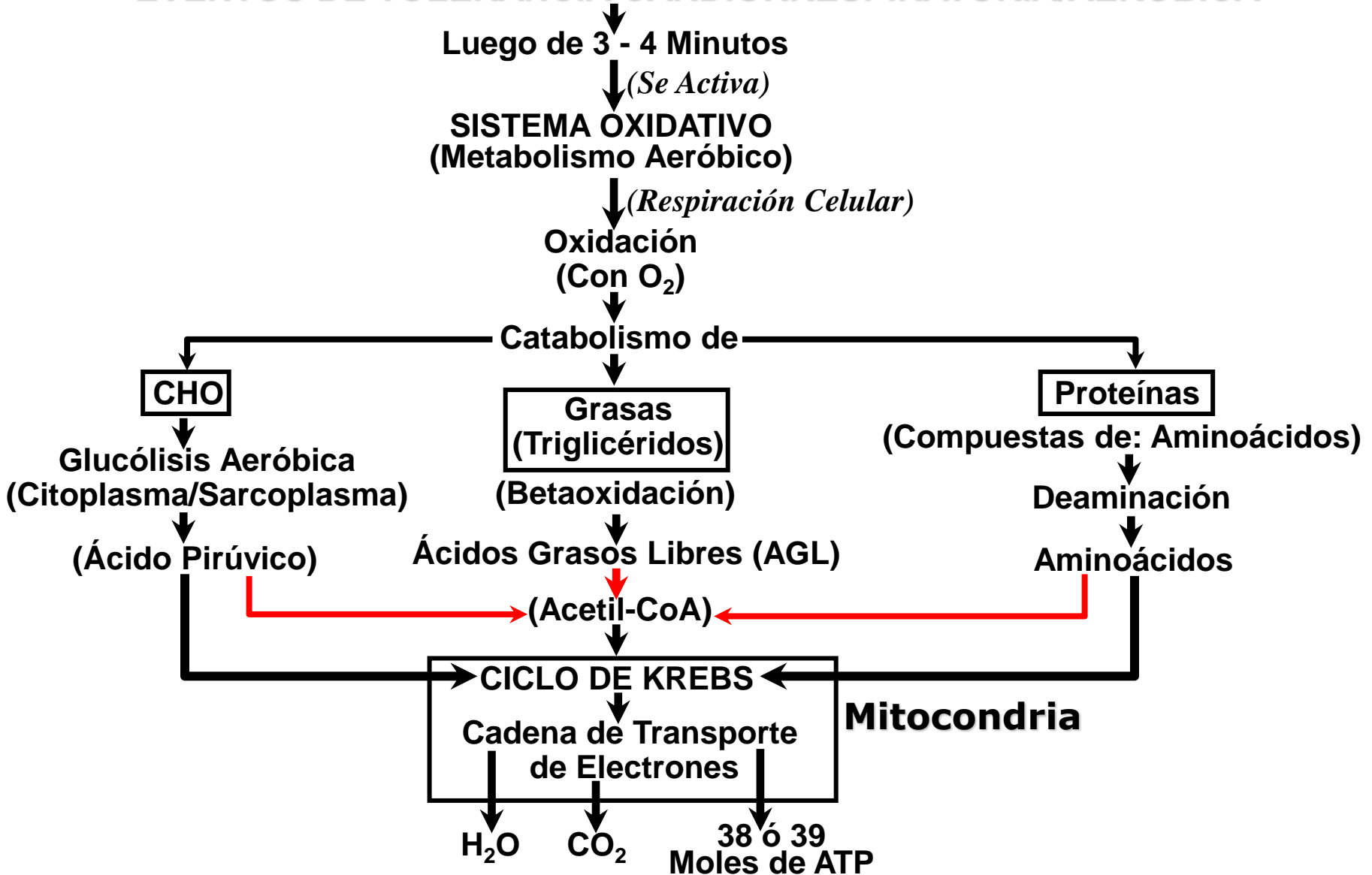
↓
Mitocondria

SISTEMA OXIDATIVO

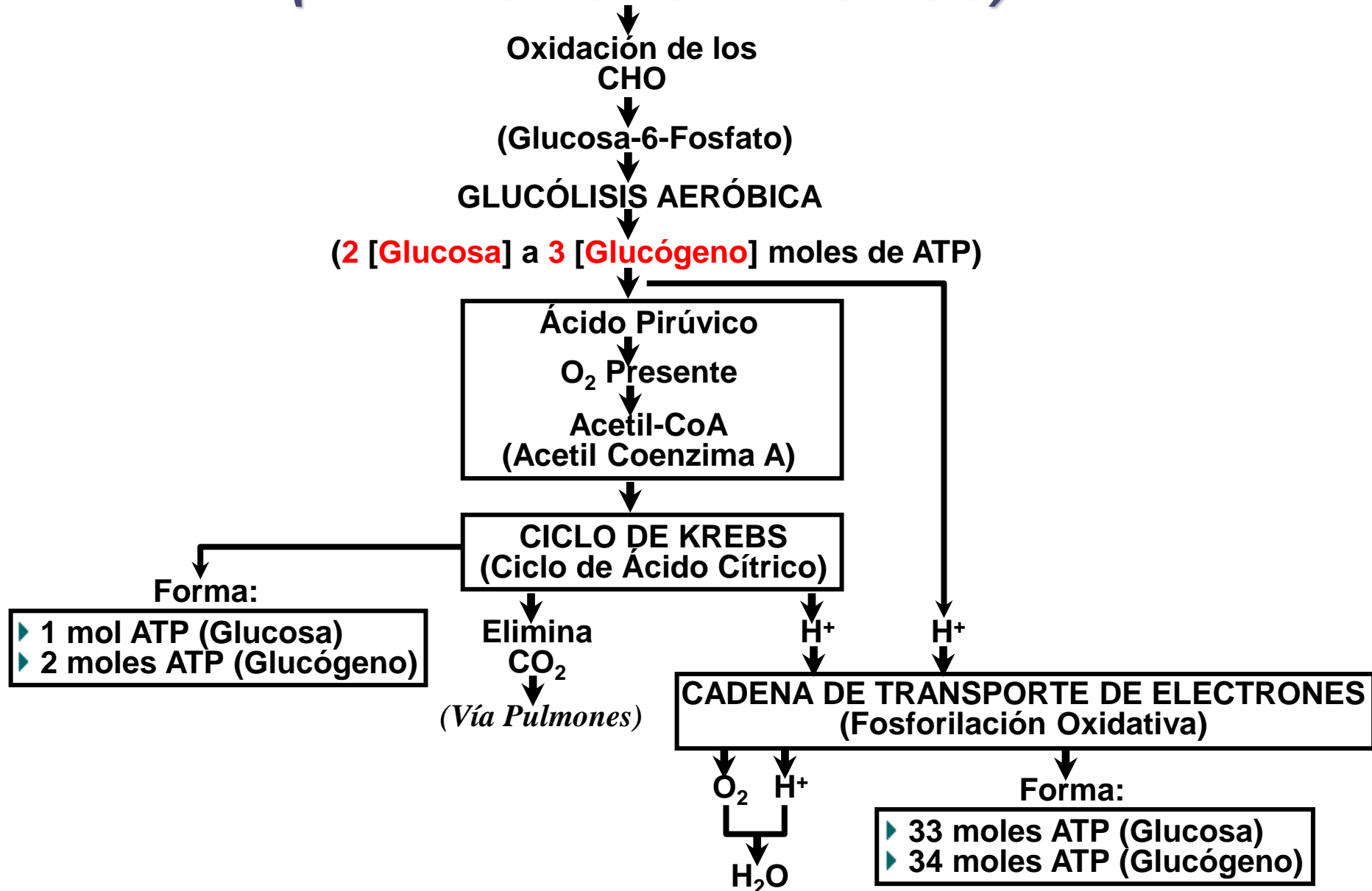


SISTEMA OXIDATIVO

EVENTOS DE TOLERANCIA CARDIORRESPIRATORIA/AERÓBICA



SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)



SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)

GLUCÓLISIS AERÓBICA CICLO DE KREBS



(Se combinan con: Coenzimas:)

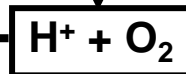
- ▶ Nicotinamida-Adenodinucleótida (NAD)
- ▶ Flavoadenindinucleótida (FAD)

(Trasportan H^+ hacia:)

**CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRONES
(Fosforilación Oxidativa)**

(Tales H^+ + NAD y FAD)

Se Dividen en
Protones y Electrones



Evita Acidificación

Forma Agua (H_2O)

Electrones Separados del

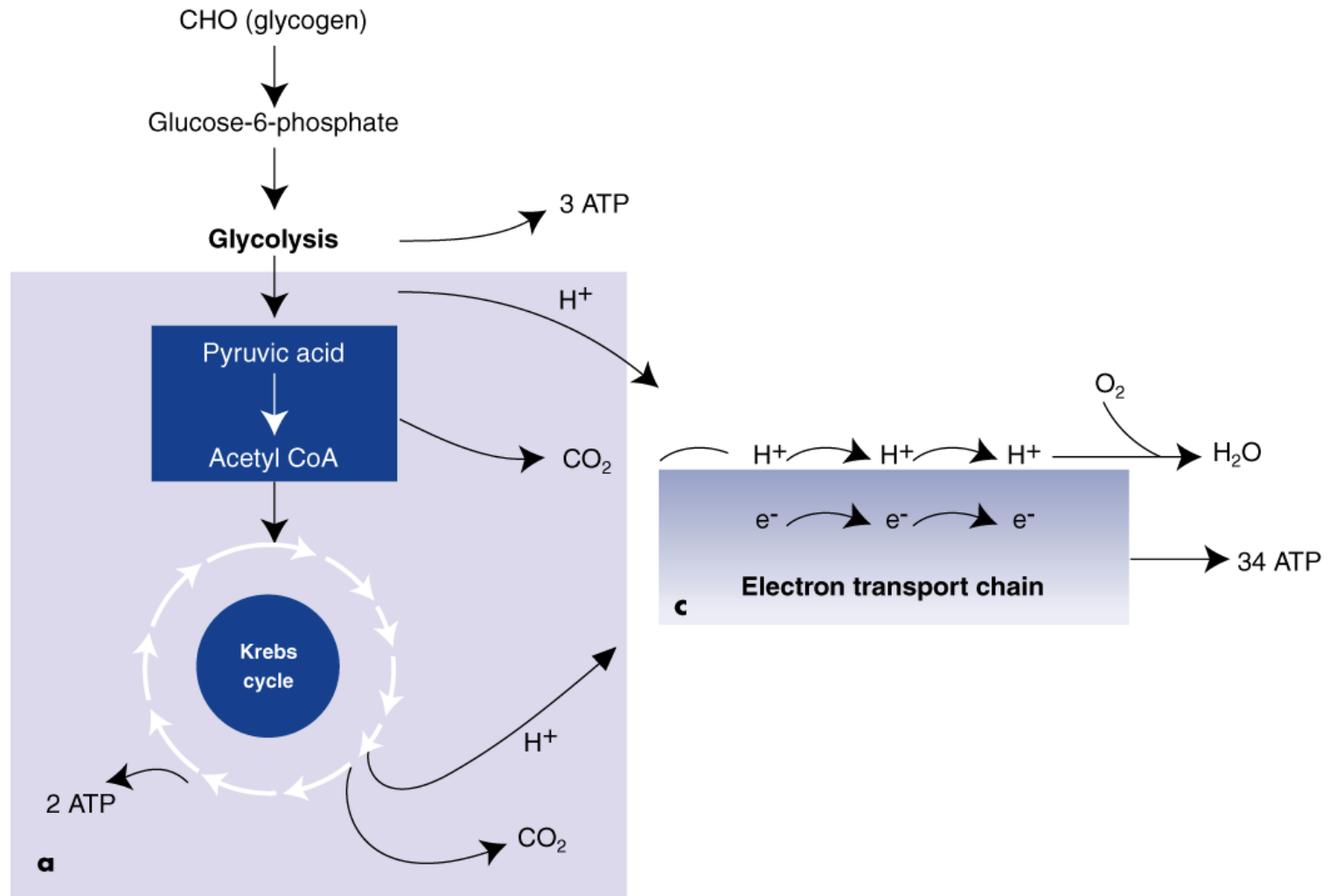
H^+

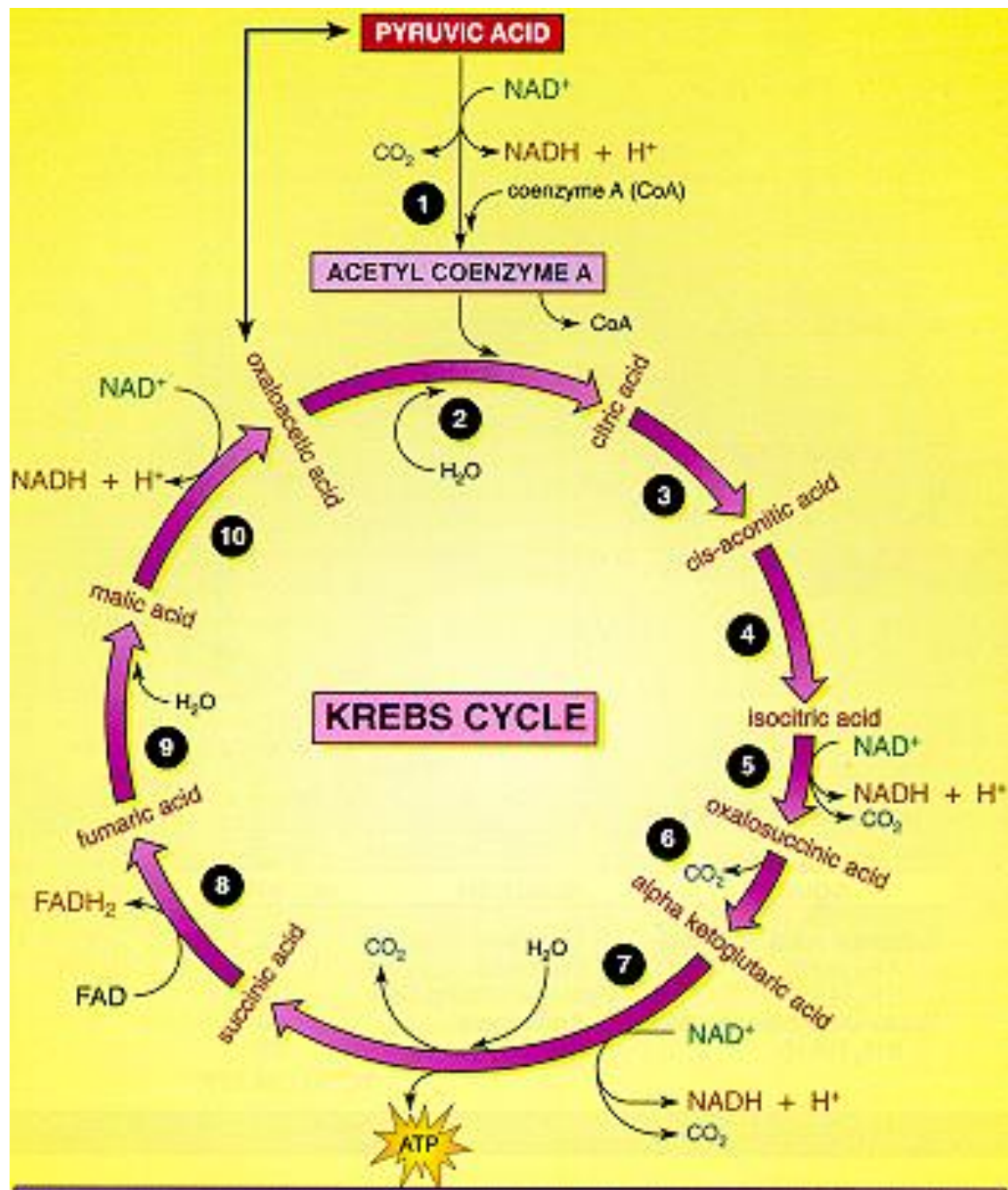
Pasan por Serie de Reacciones

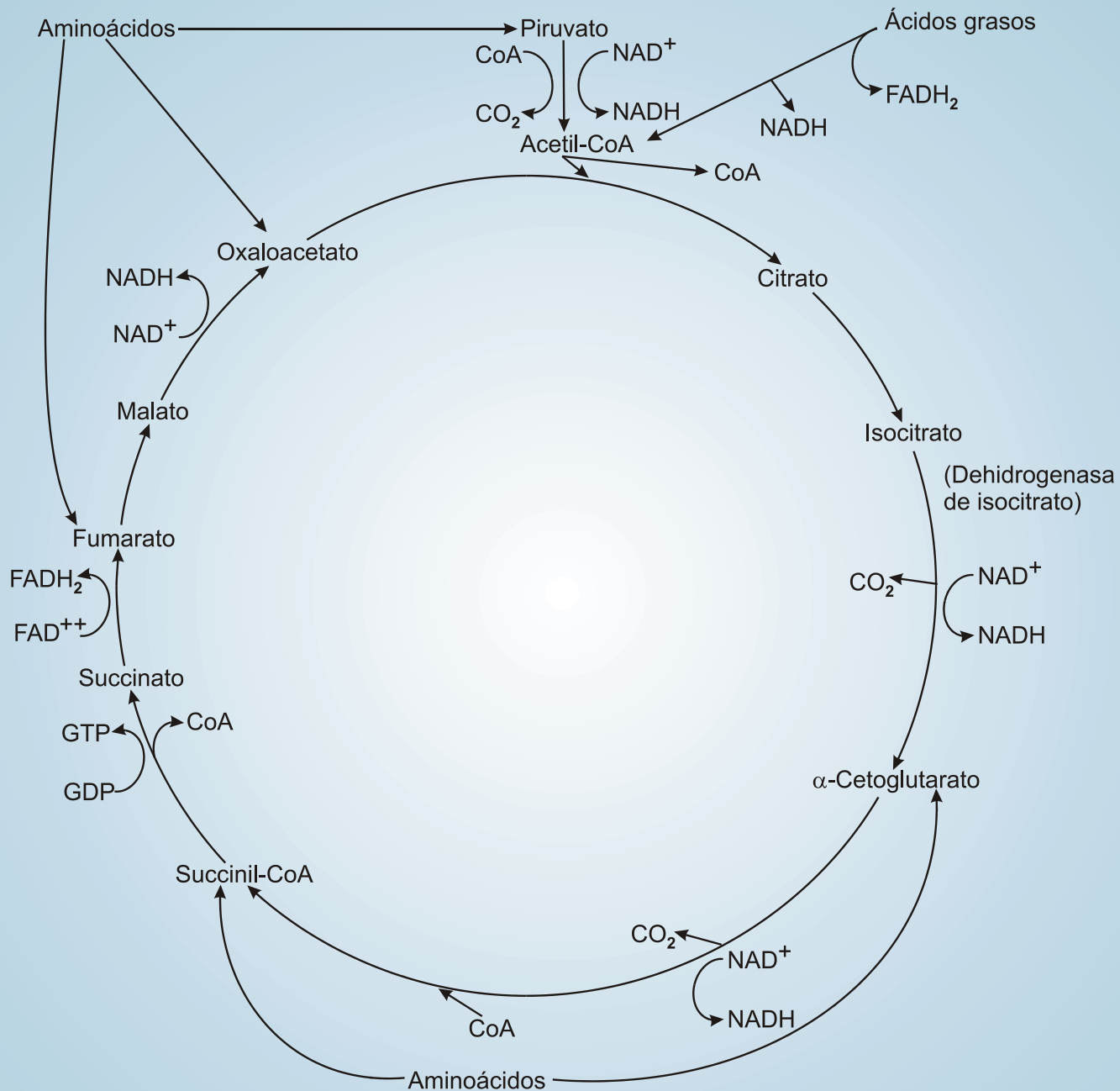
Energía para

Fosforilación de ADP → ATP
(Fosforilación Oxidativa)

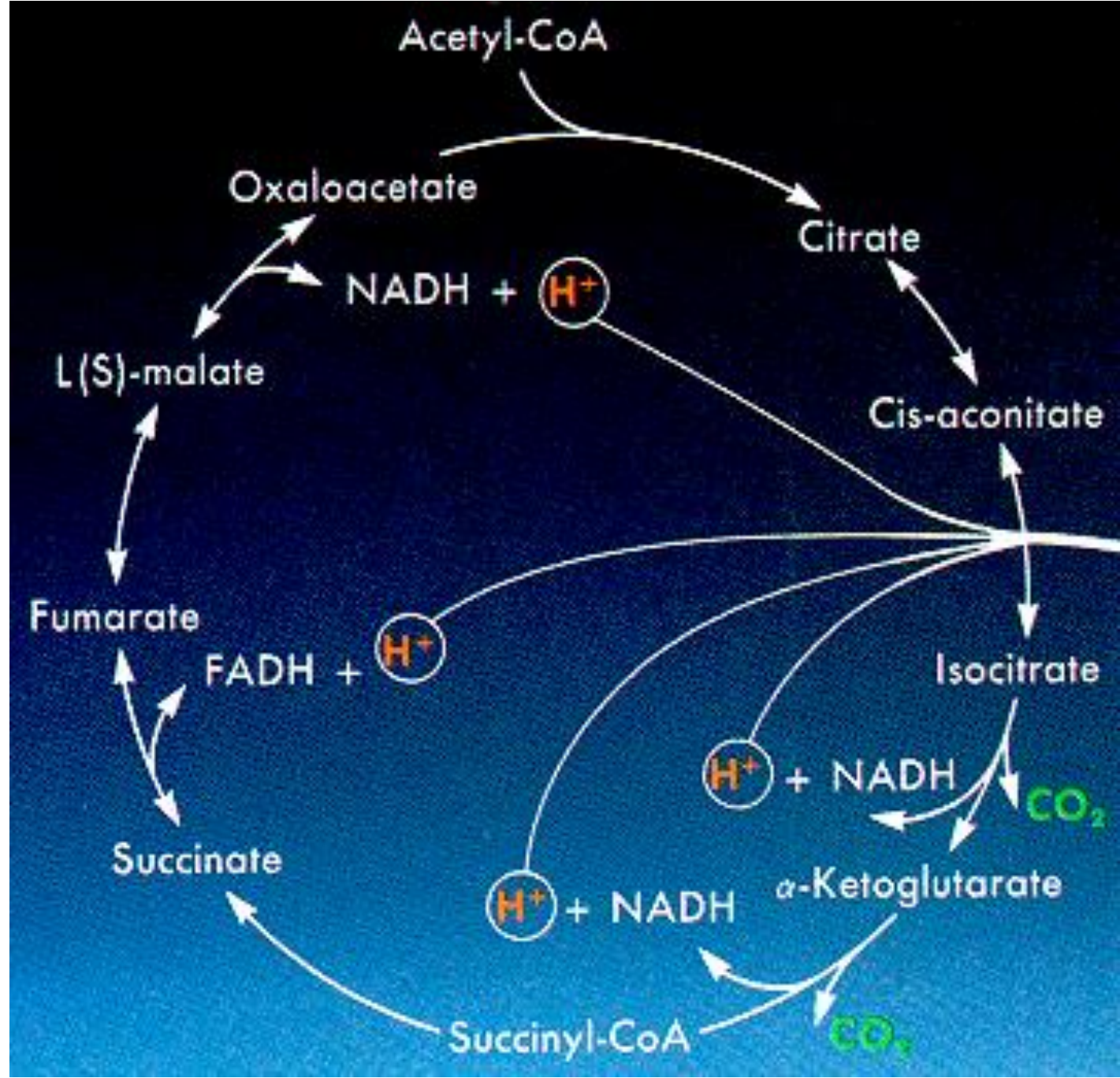
GLUCÓLISIS AERÓBICA Y LA CADENA DE TRASNPORTE DE ELECTRÓNES







El ciclo de Krebs. CoA = coenzima A; FAD⁺⁺/FADH₂ = flavina adenina dinucleótido; GDP = guanosina difosfato; GTP = guanosina trifosfato; NAD/NADH = nicotinamida adenina dinucleótido.

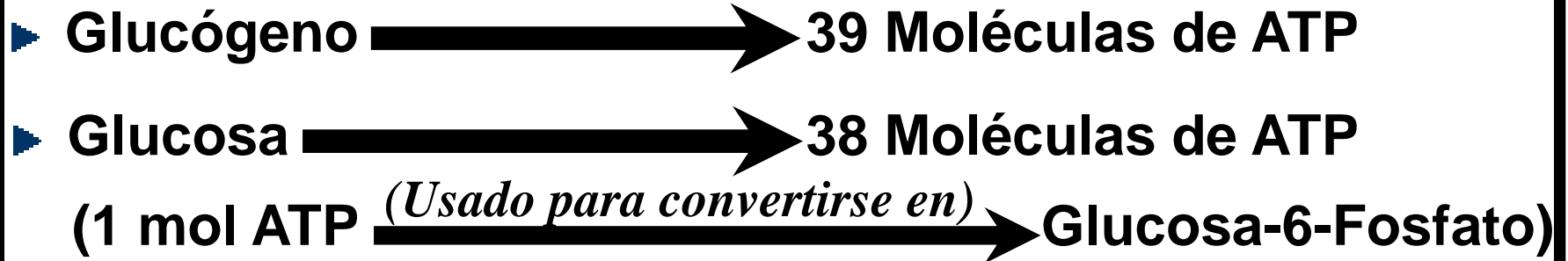


SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)

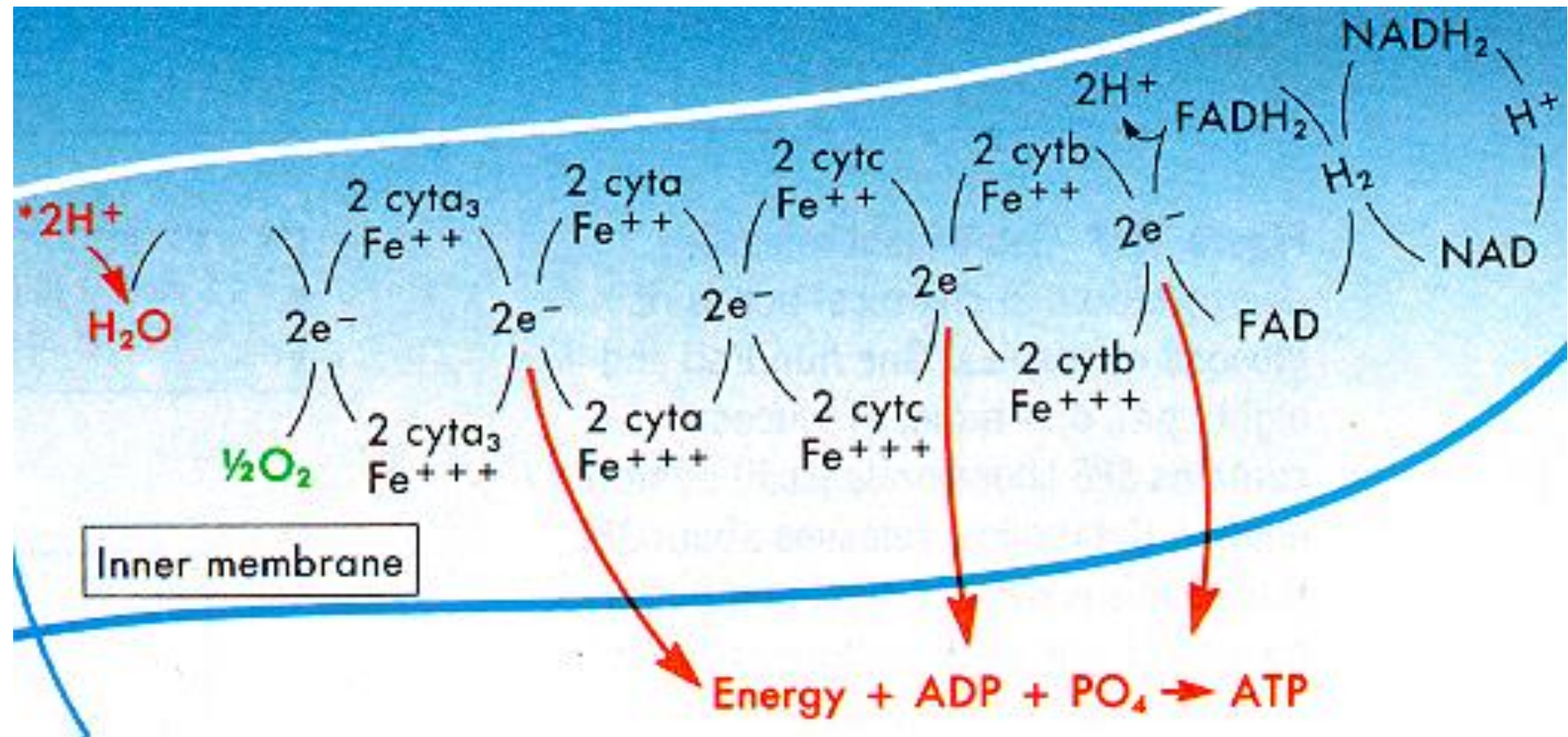
SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)



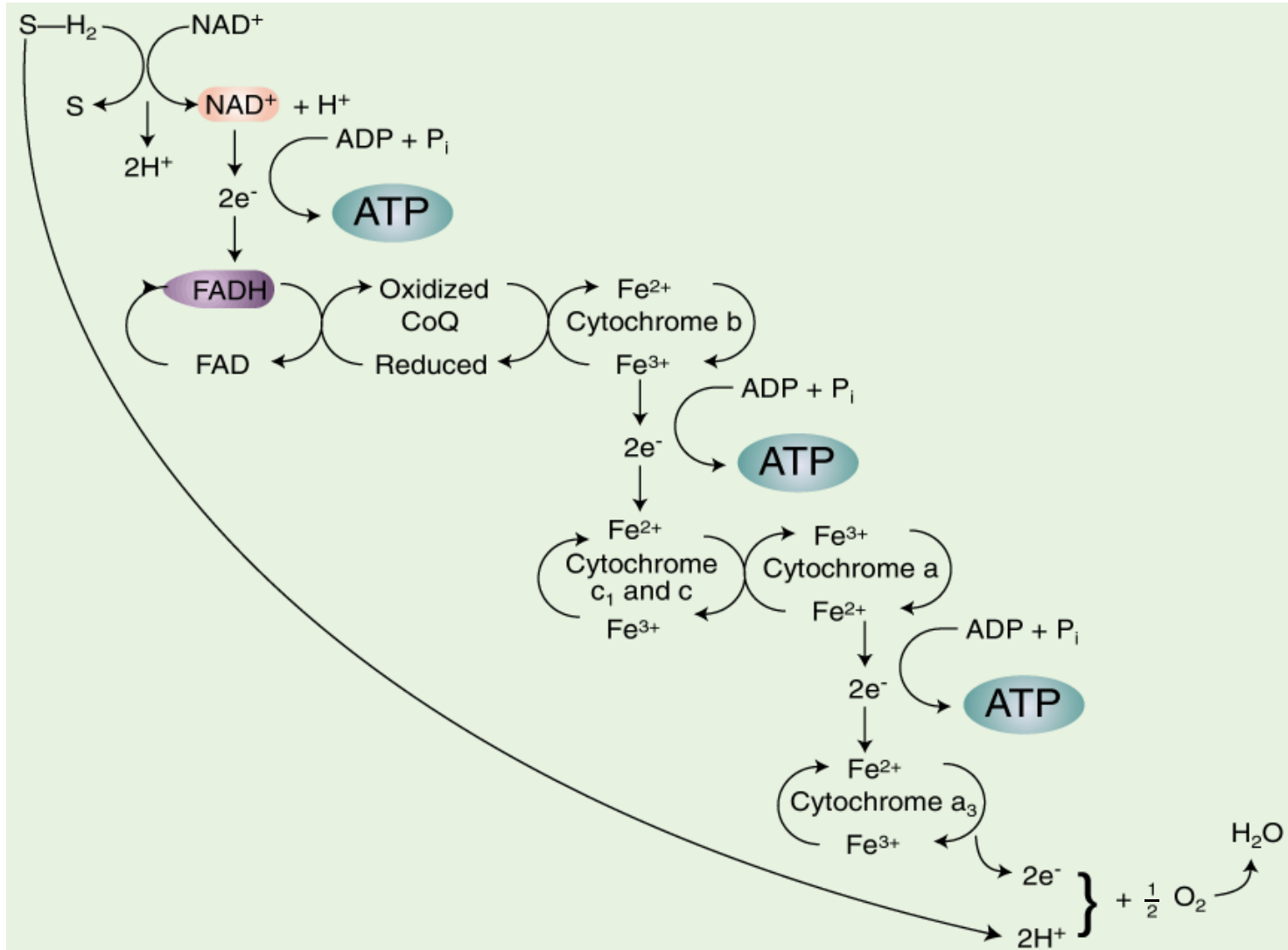
*Producción Neta/Total de Energía (ATP)
a partir de
CHO*



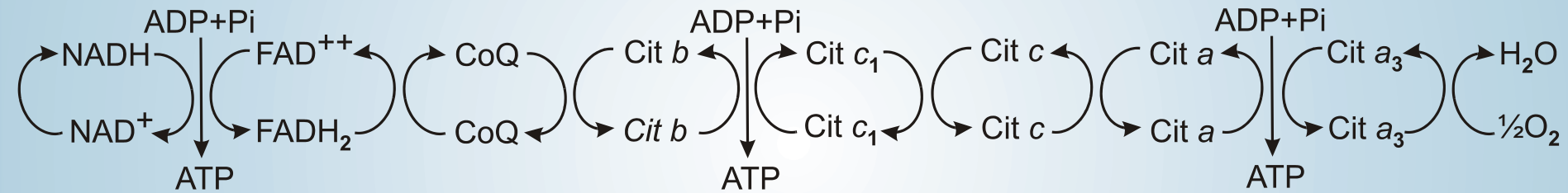
CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)



CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)

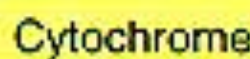
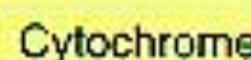
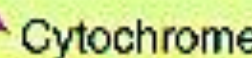
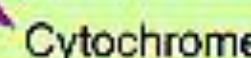
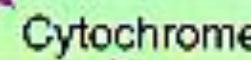
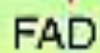
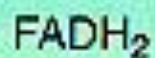
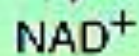
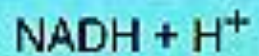


CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)

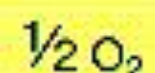
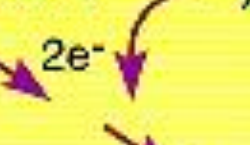
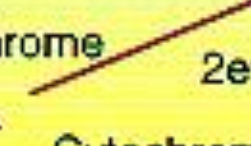
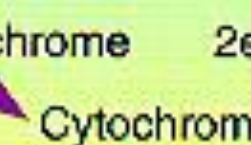
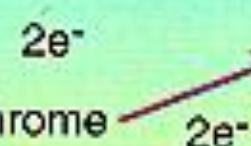


La cadena del transporte electrónico. CoQ = coenzima Q; cit = citocromo.

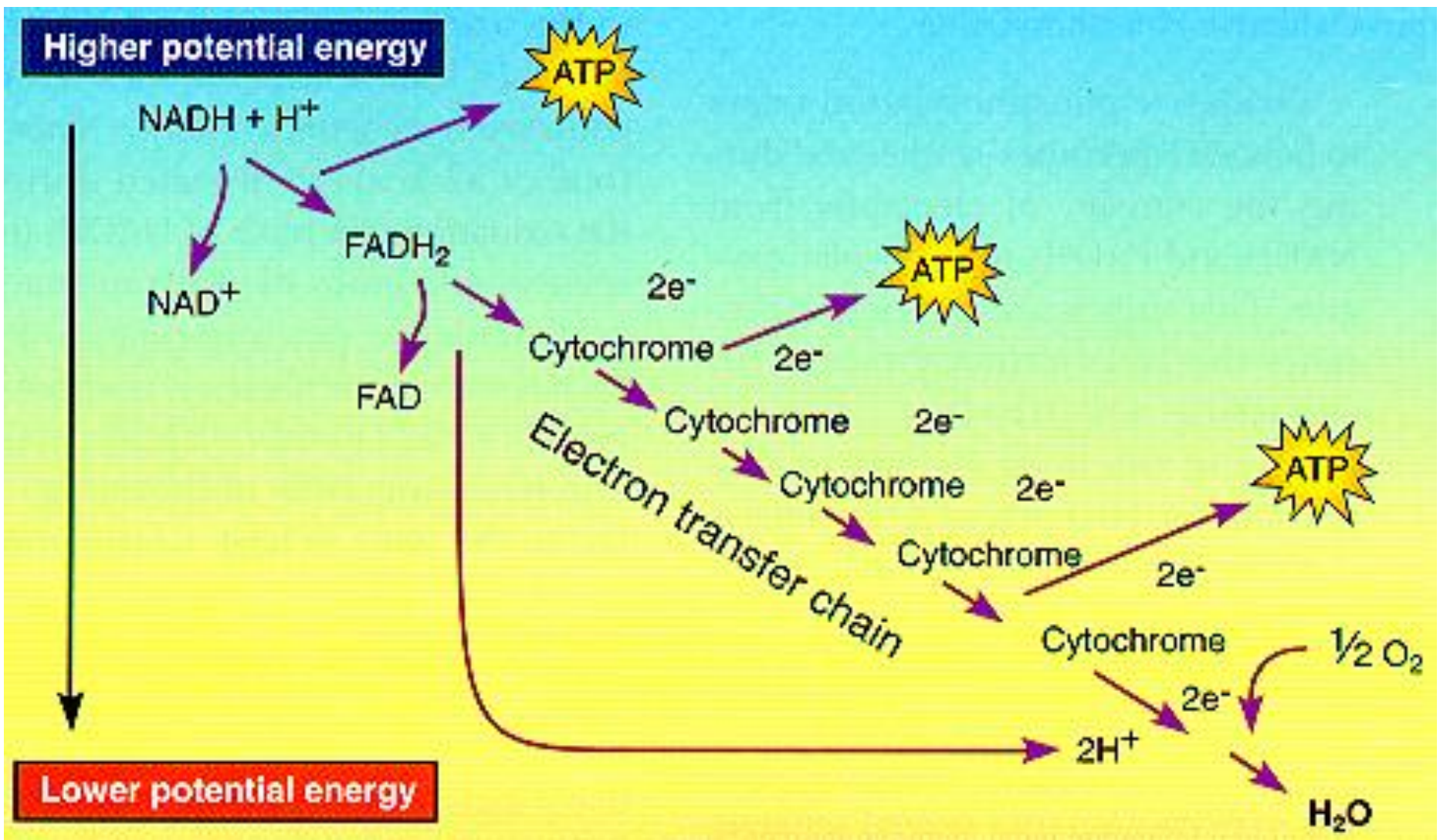
Higher potential energy



Electron transfer chain



Lower potential energy



Phosphorylated
substrate

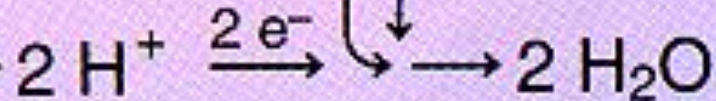


Electron transport
chain

ATP ←

ATP ←

ATP ←



$\frac{1}{2} \text{O}_2$

Mitochondria matrix

