

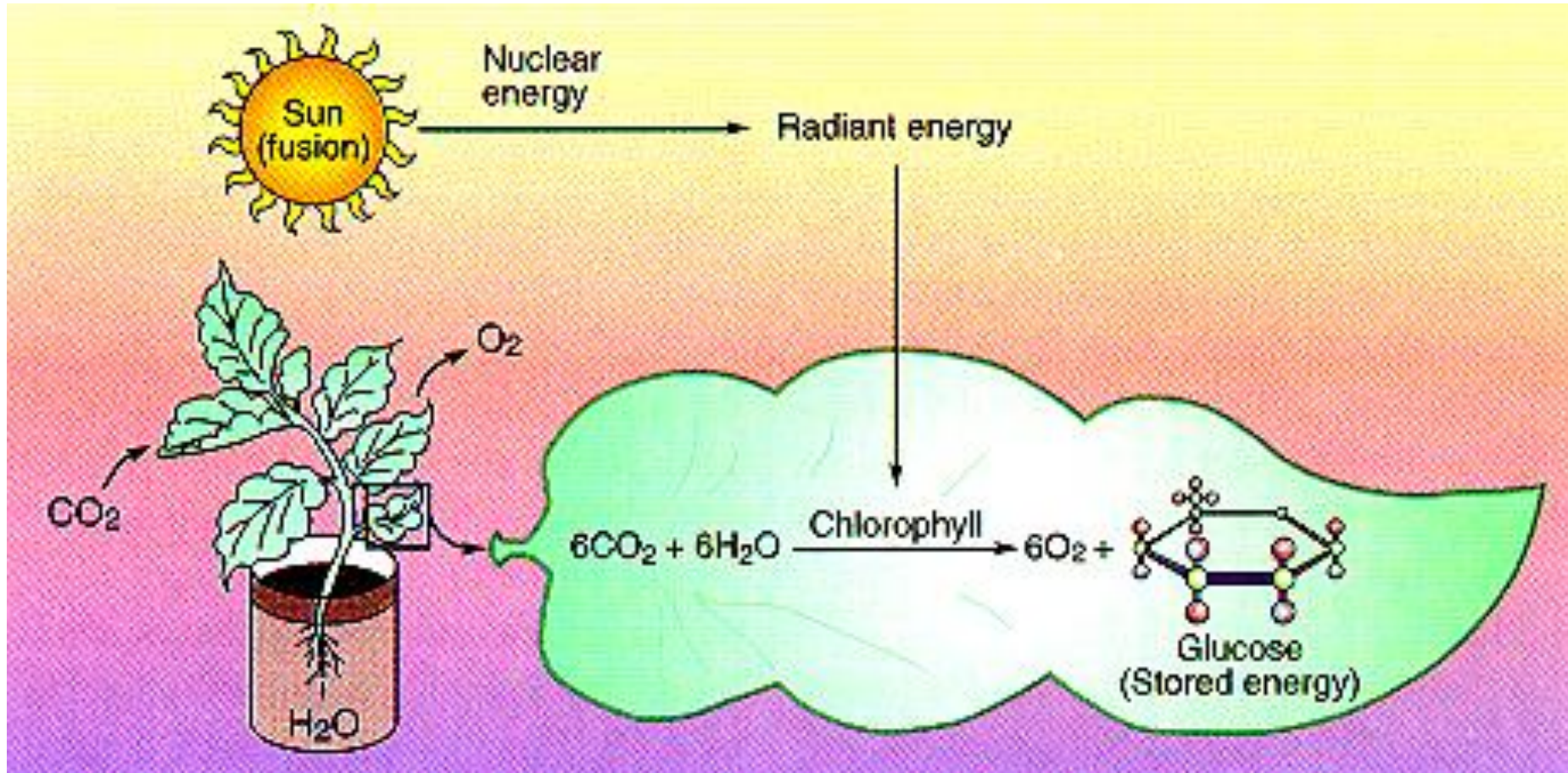
METABOLISMO CELULAR Y FUENTES BIOQUÍMICAS DE ENERGÍA DURANTE EL EJERCICIO AGUDO

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

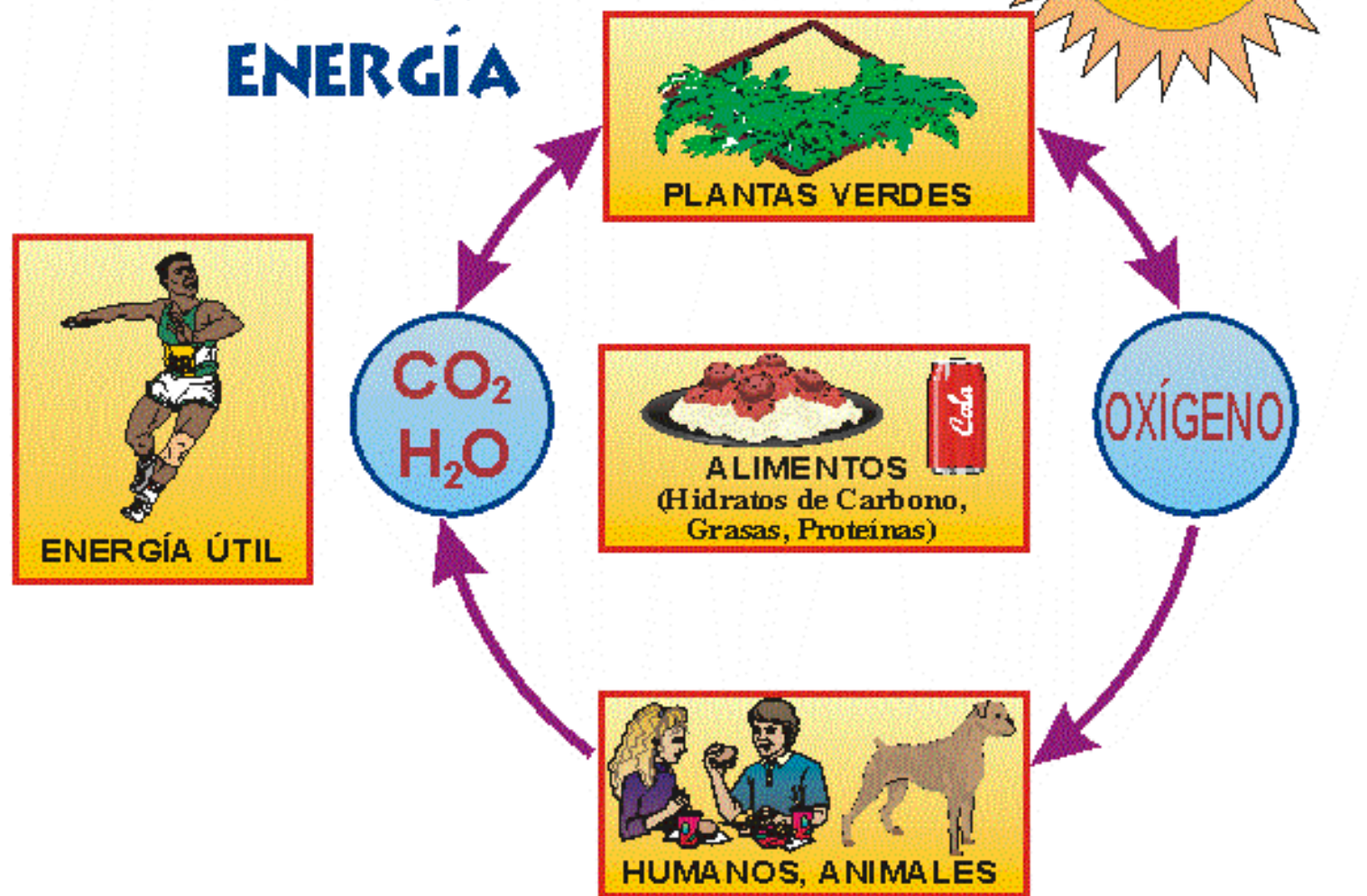


Saludmed 2022, por [Edgar Lopategui Corsino](#), se encuentra bajo una licencia "[Creative Commons](#)", de tipo: [Reconocimiento-NoComercial-Sin Obras Derivadas 3.0. Licencia de Puerto Rico](#). Basado en las páginas publicadas para el sitio Web: www.saludmed.com.

ORIGEN DE LA ENERGÍA



EL CICLO BIOLÓGICO DE LA ENERGÍA



ENERGÍA

```
graph TD; A[ENERGÍA] --> B[Potencial:]; A --> C[Cinética:]; A --> D[Energía Química:]; B --> E[• Energía Almacenada dentro de un Sistema]; B --> F[• Aquella que es Capaz de Realizar Trabajo]; C --> G[• Forma Activa de la Energía]; C --> H[• Energía en el Proceso de Realización de Trabajo]; D --> I[• Aquella Almacenada en Moléculas Químicas]; D --> J[• Ejemplo: La Célula Muscular];
```

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

Potencial

Eléctrica

Nuclear

**Radiante/
Solar**

Cinética

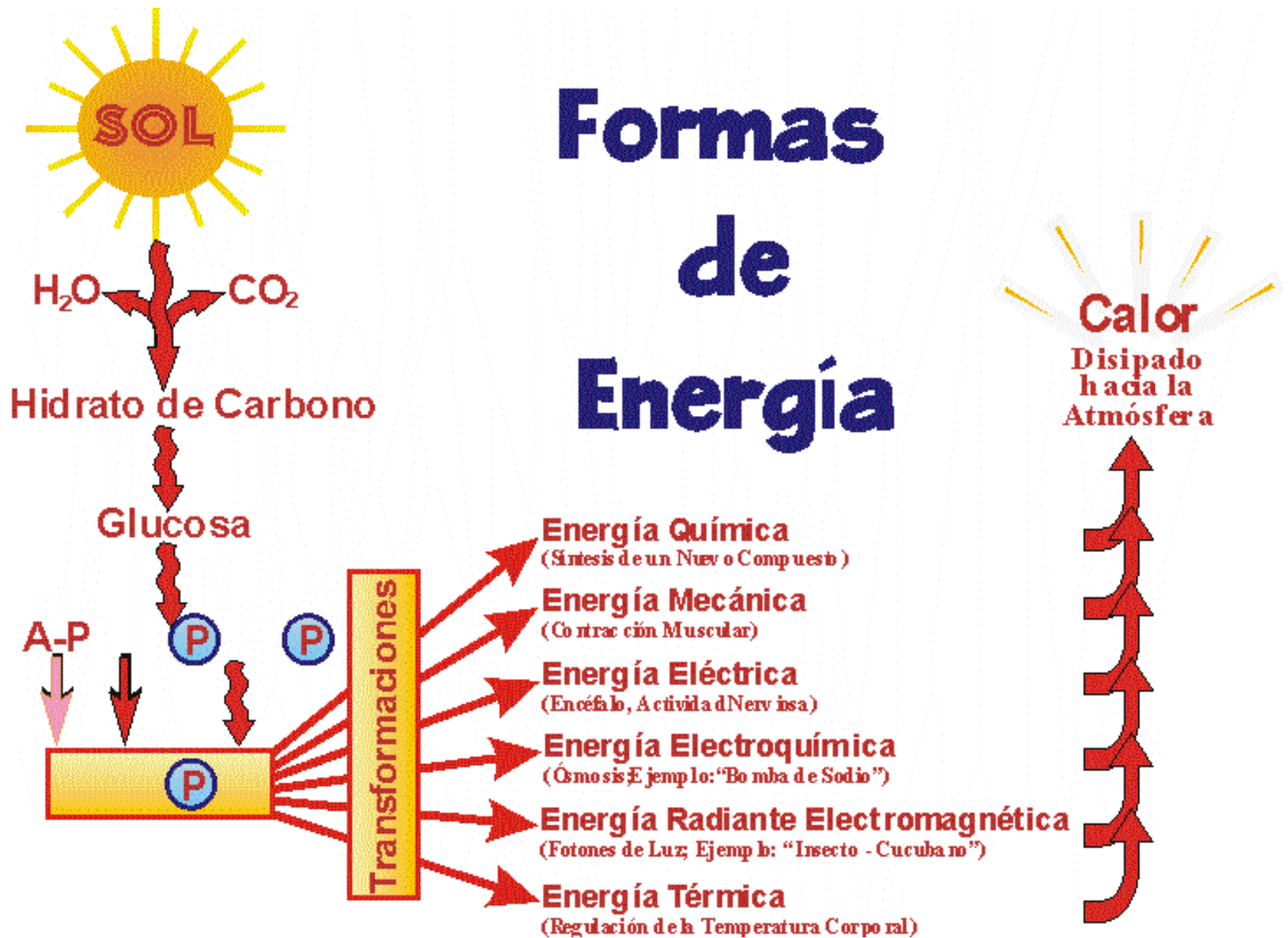
Clases de Energía

Química

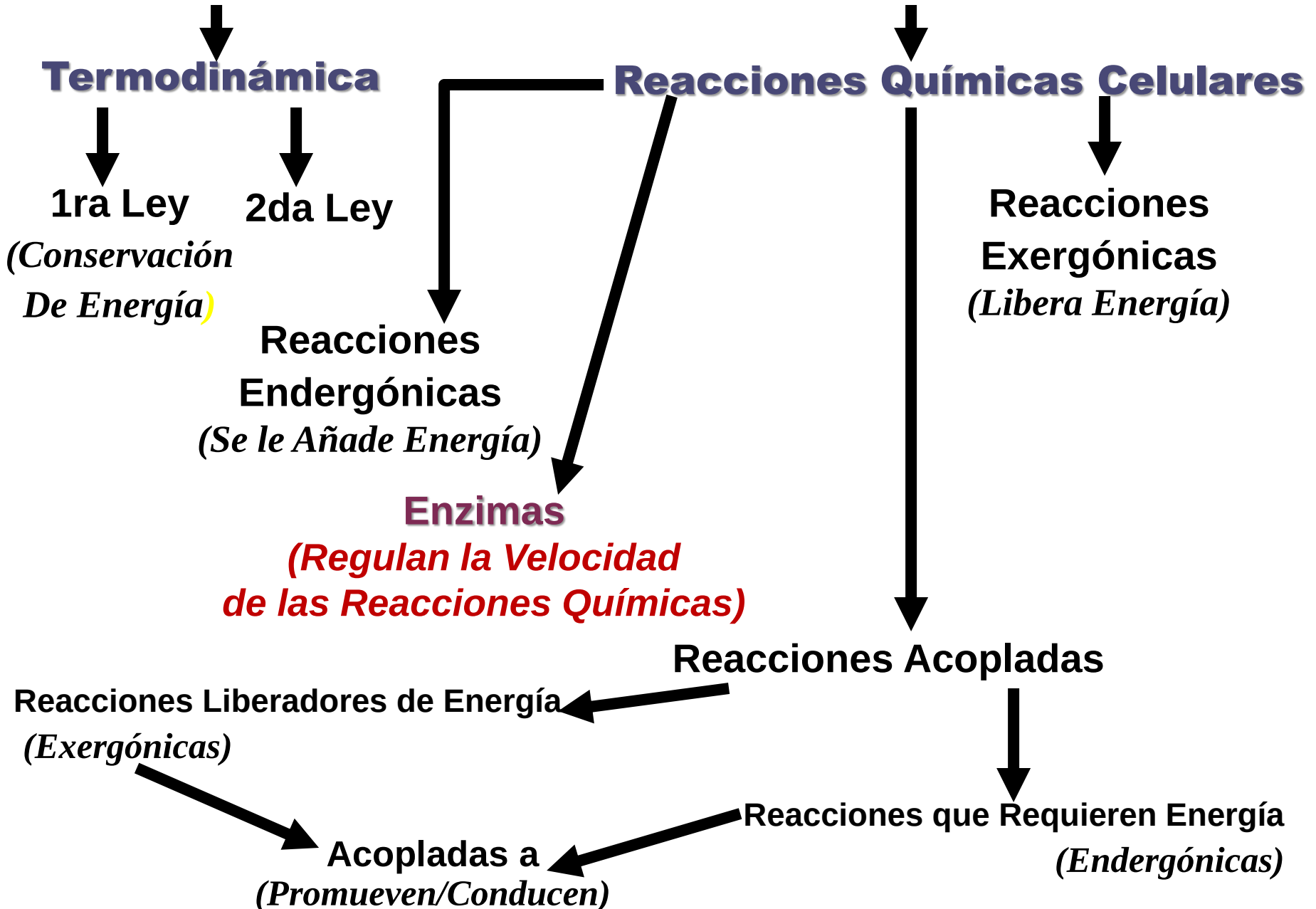
Osmótica

Mecánica

Formas de Energía



TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE ENERGÍA



REACCIONES QUÍMICAS

↓
Transforma la Energía de las Sustancias Nutricias
A una Forma

Biológicamente Utilizable

↓
Reacciones Endergónicas

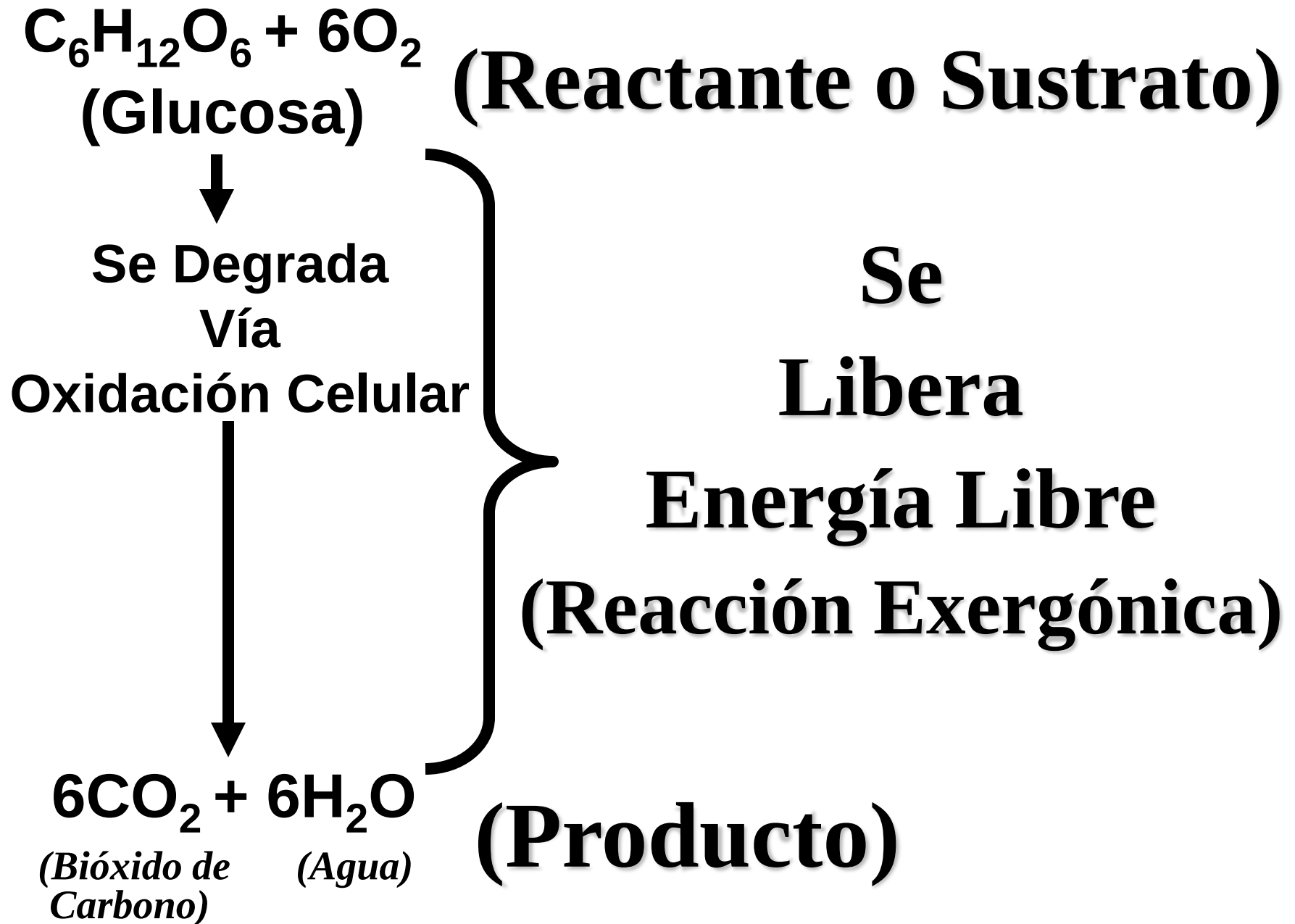
Aquellas Reacciones
que Requiere que se
le Añada Energía a
los Reactivos

↓
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



Reacciones Exergónicas:

**Reactante
(Sustratos)**

↓

Productos

**Energía
Libre**

Dirigida a Conducir

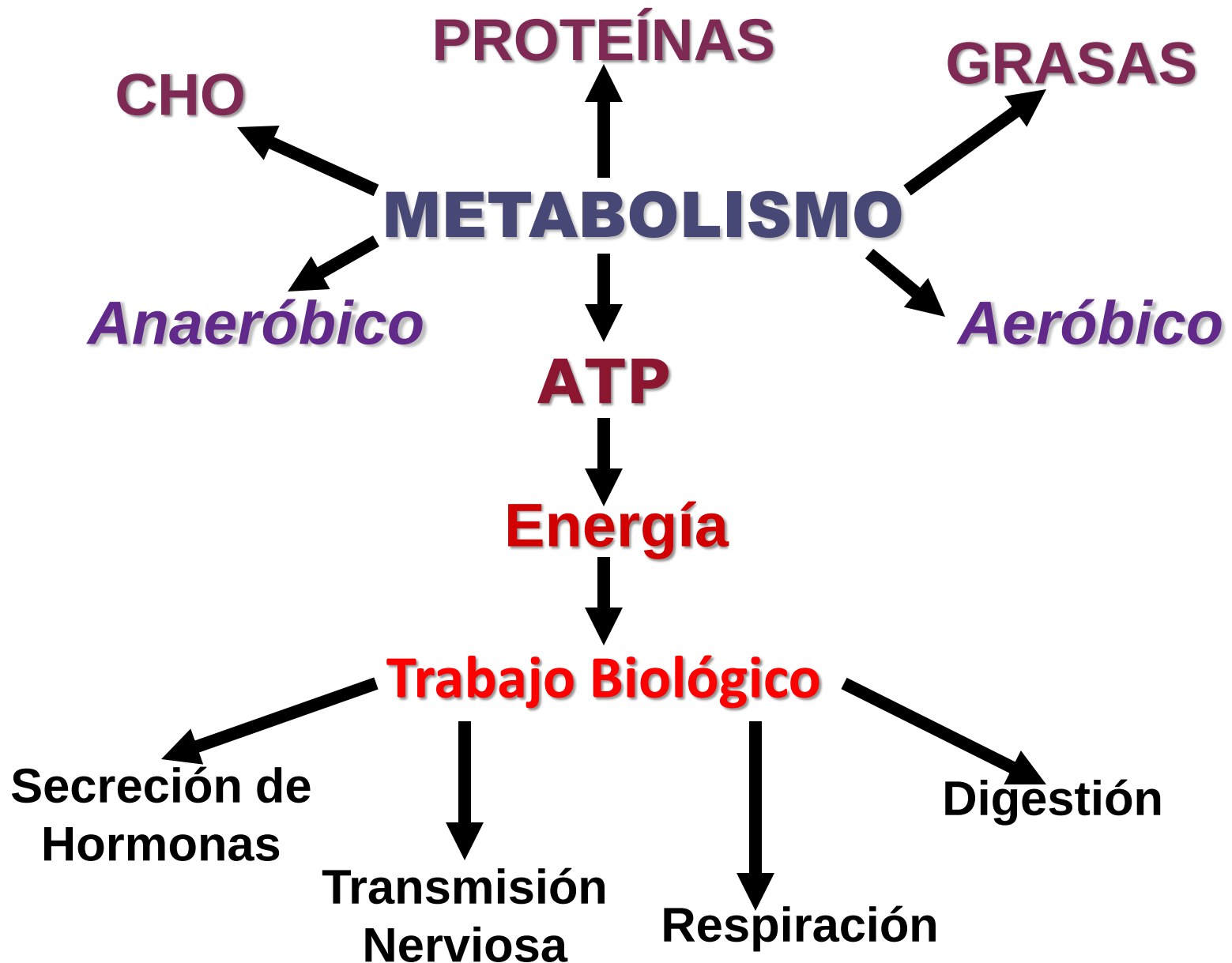
Reacciones Endergónicas:

**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

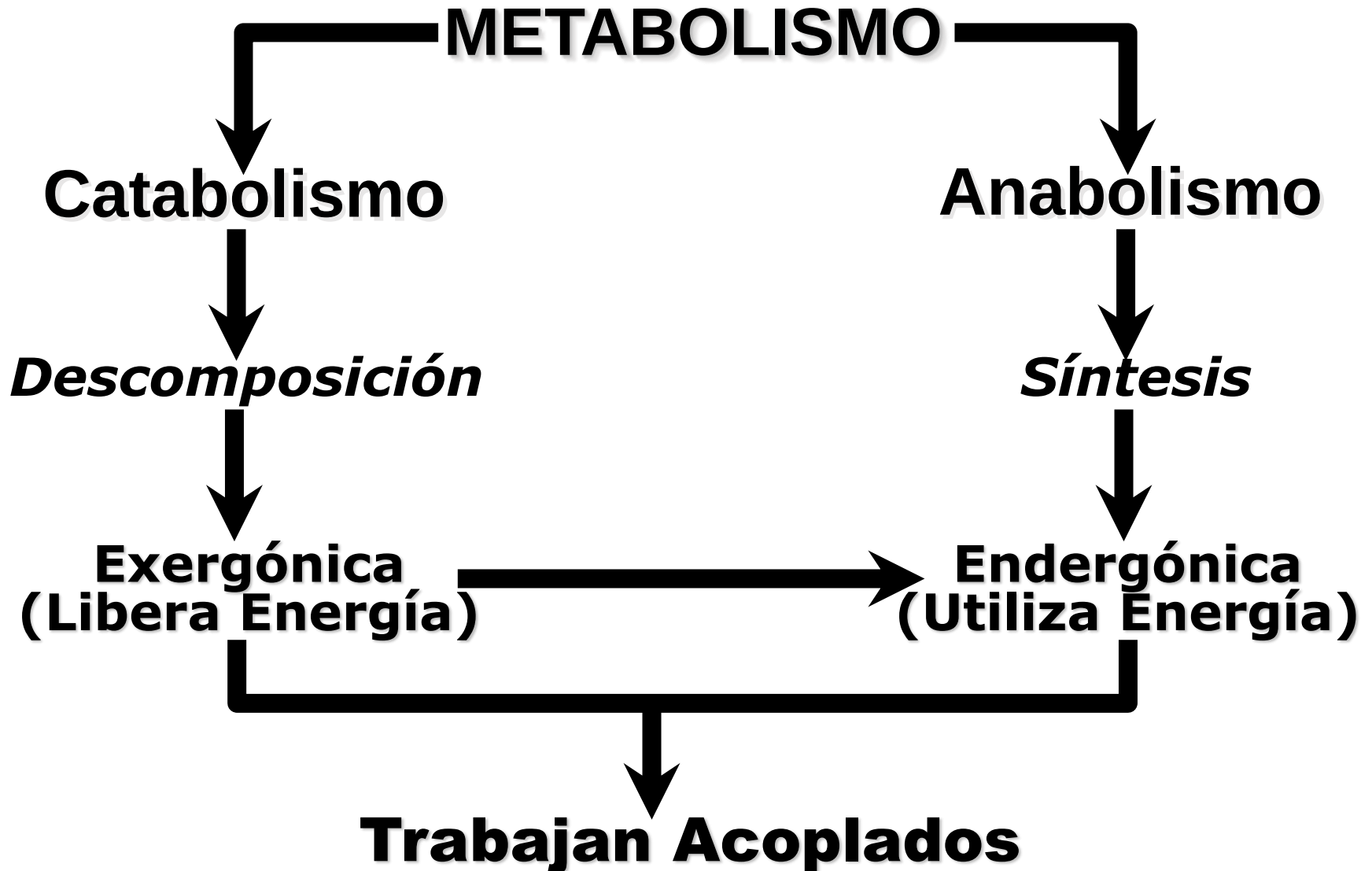


ANABOLISMO:

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

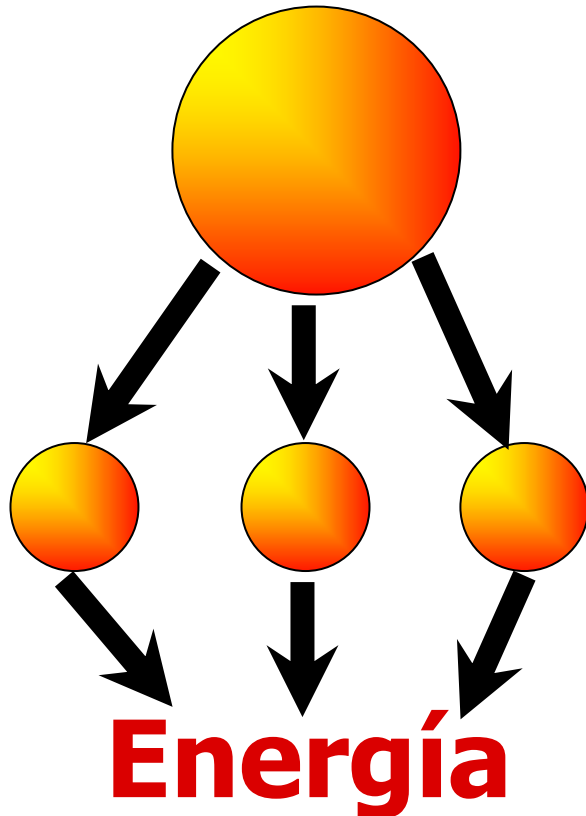


SISTEMAS ENERGÉTICOS BÁSICOS

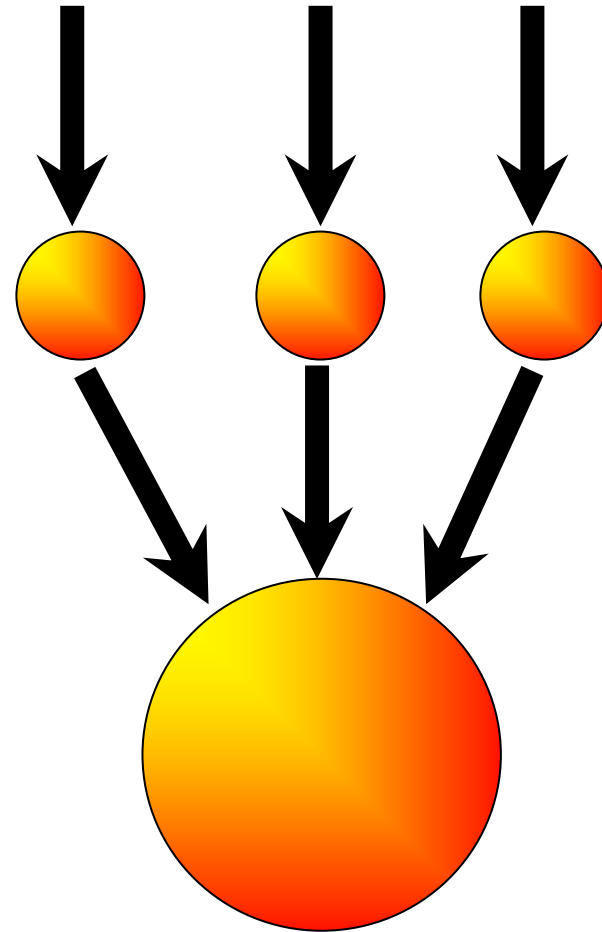


METABOLISMO CELULAR

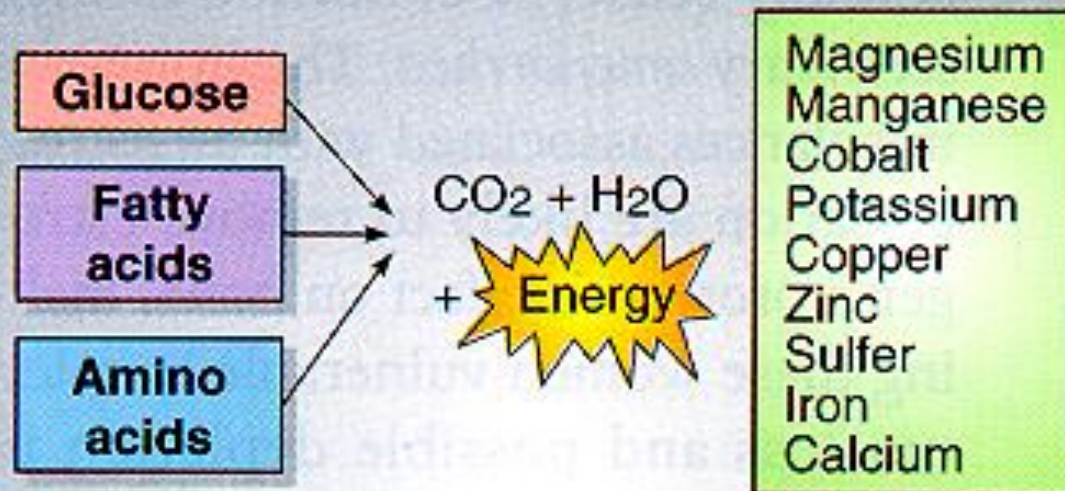
Catabolismo



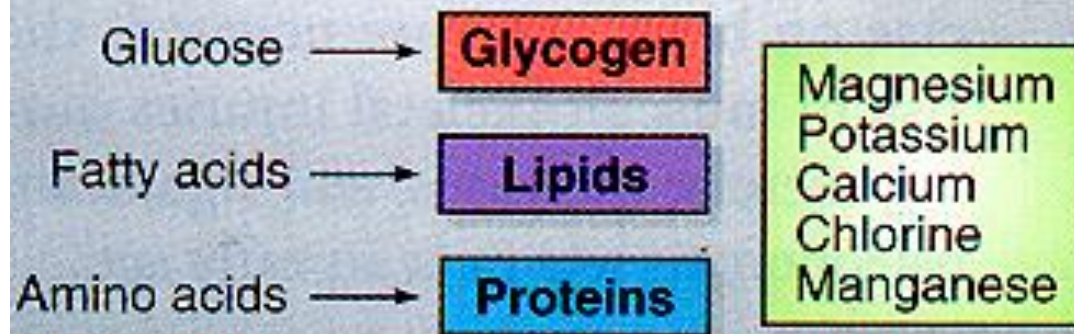
Anabolismo

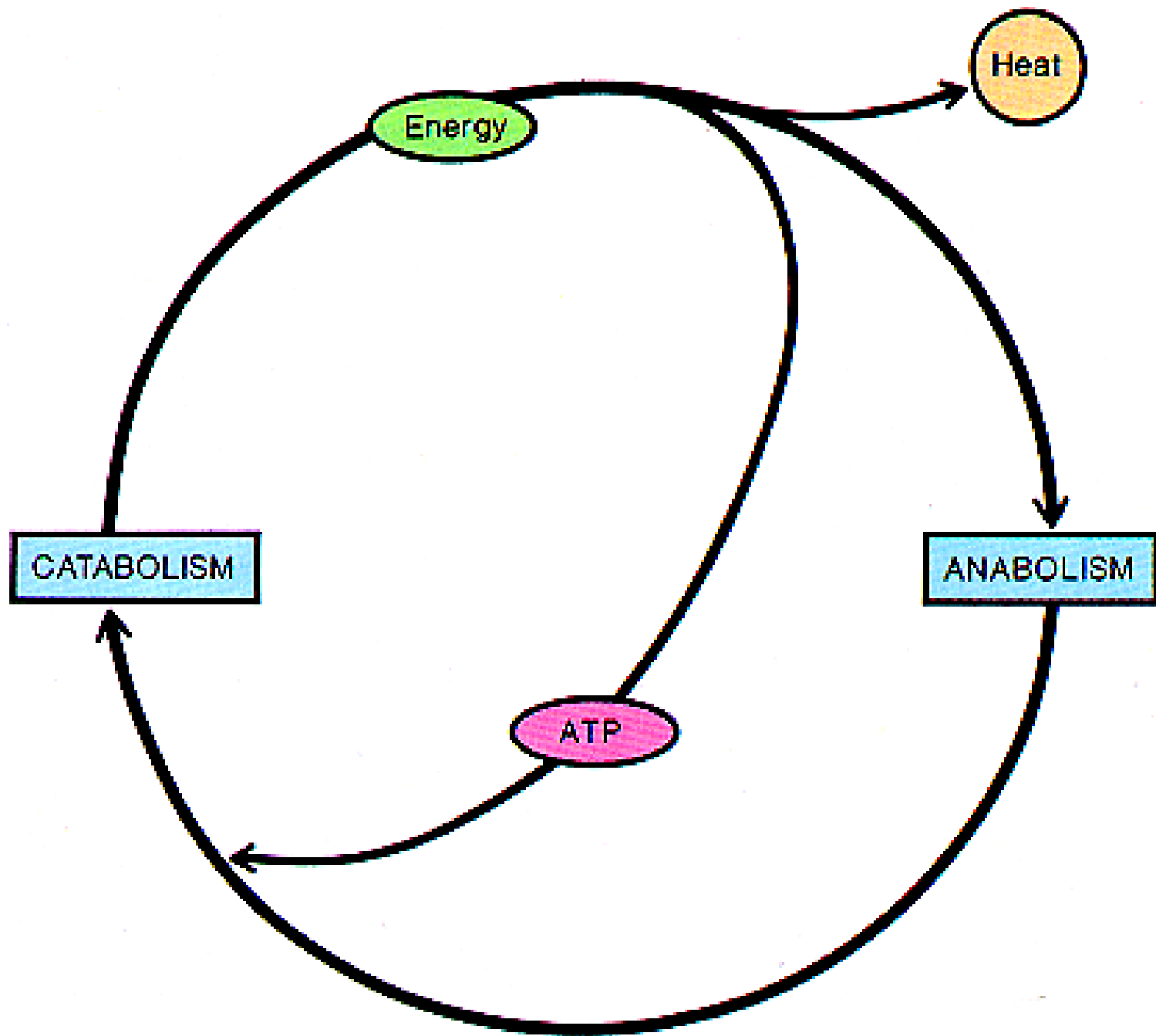


CATABOLISM (breakdown)



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)

**Complejo
Enzima-Sustrato**

Se Une a

La Enzima

↓ **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

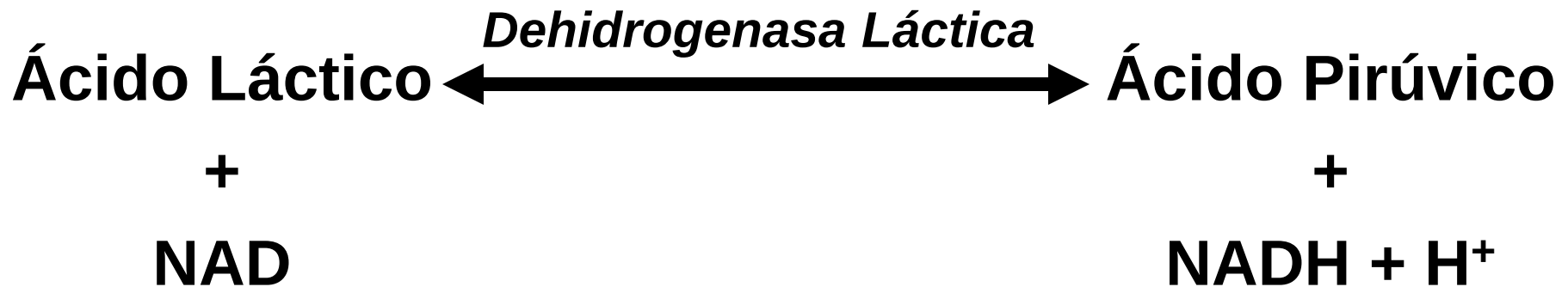
ENZIMAS

*** 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)

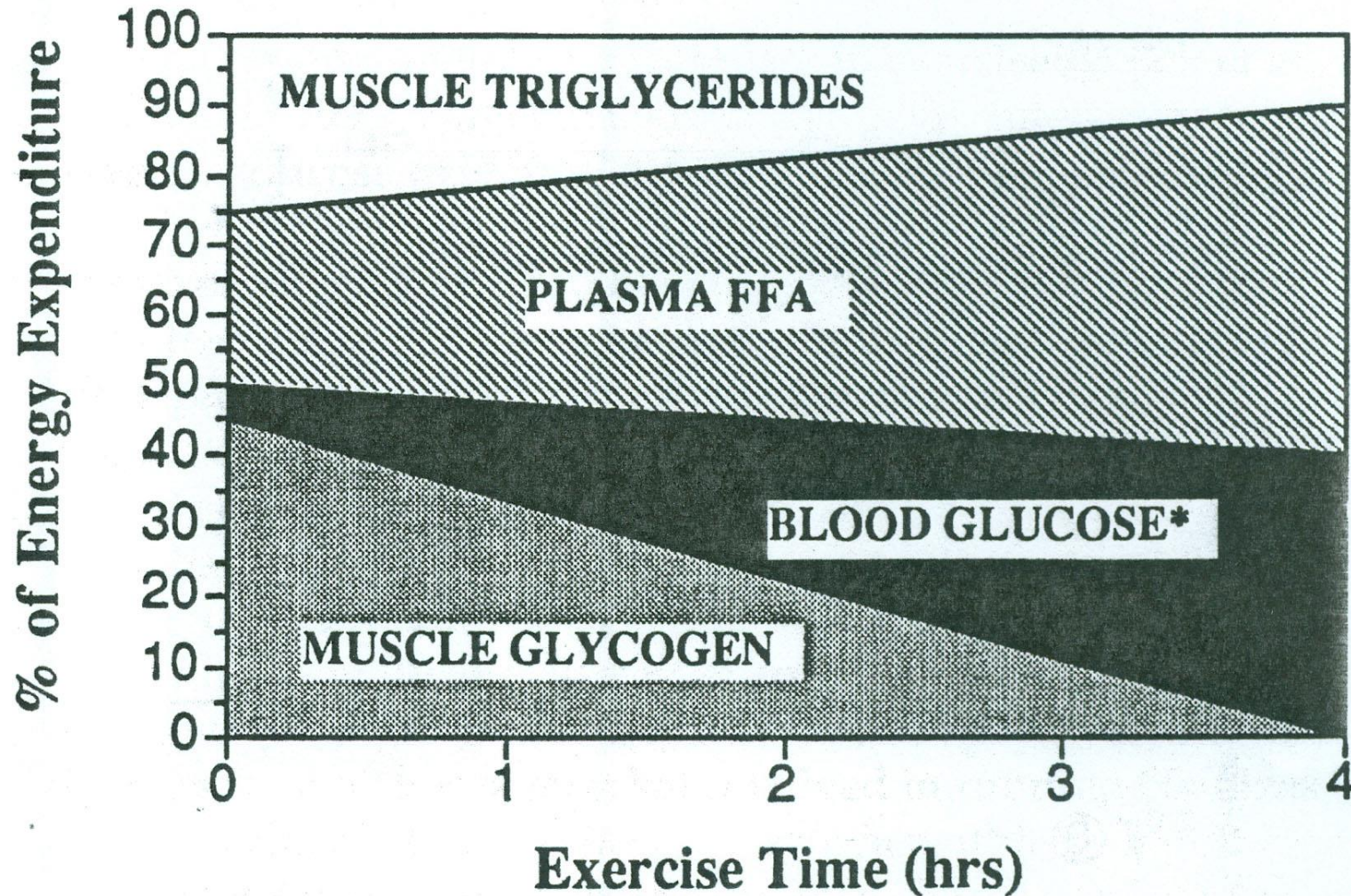
Nitrógeno (N₂)

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

INTENSIDAD	COMBUSTIBLE METABÓLICO UTILIZADO
< 30% $\text{VO}_2\text{máx}$	Principalmente las Reservas Musculares de Grasa
40 - 60% $\text{VO}_2\text{máx}$	Se Utilizan Equitativamente las Grasas y los CHO
75% $\text{VO}_2\text{máx}$	Principalmente los CHO
80% $\text{VO}_2\text{máx}$	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 $\text{VO}_2\text{máx}$



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

ENERGÍA ALMACENADA

```
graph TD; A[ENERGÍA ALMACENADA] --> B[Glucógeno  
(Hígado, Músculos Esqueléticos)]; A --> C[Células Grasas - Triglicéridos  
(Adipositos, Tejido Adiposo)]; B --> D[1,200 - 2,000 kcal Energía]; C --> E[70,000 - 75,000 kcal Energía];
```

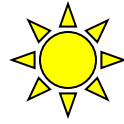
Glucógeno
(Hígado, Músculos
Esqueléticos)

**1,200 - 2,000
kcal Energía**

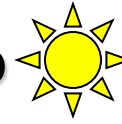
Células Grasas
- *Triglicéridos* -
(Adipositos,
Tejido Adiposo)

**70,000 - 75,000
kcal Energía**

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Los Hidratos de Carbono



Estructura Química:

Átomos de: Carbono, Hidrógeno
y Oxígeno (CHO)



Función más Importante:

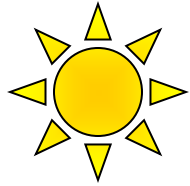
Provee Energía: 4 kcal de Energía por cada
Gramo de Hidratos de Carbono



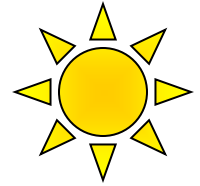
Tipos/Clasificación:

- 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

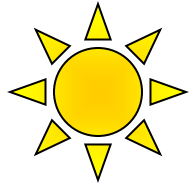
(Azúcares Simples)

Glucosa
(en Sangre)

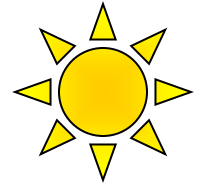
Galactosa
(en Glándulas
Mamarias)

Fructosa
(Frutas, Miel
de Abeja)

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Los Hidratos de Carbono



**Tipos/Clasificación **

Disacáridos

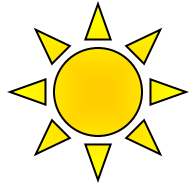
(Dos Monosacáridos)

Sucrosa/Sacarosa
(Caña de Azúcar)

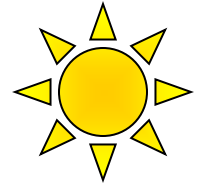
Lactosa
(Leche)

Maltosa
(Digestión CHO)

LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Los Hidratos de Carbono



**Tipos/Clasificación **

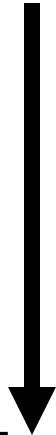
Polisacáridos

(Hidratos de Carbono Complejos)



Almidones

(Granos, Tubérculos)



**Celulosa
(Fibra)**



Glucógeno

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

HIDRATOS DE CARBONO *(GLÚCIDOS)*

HIDRATOS DE CARBONO
(C₆H₁₂O₂) (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**

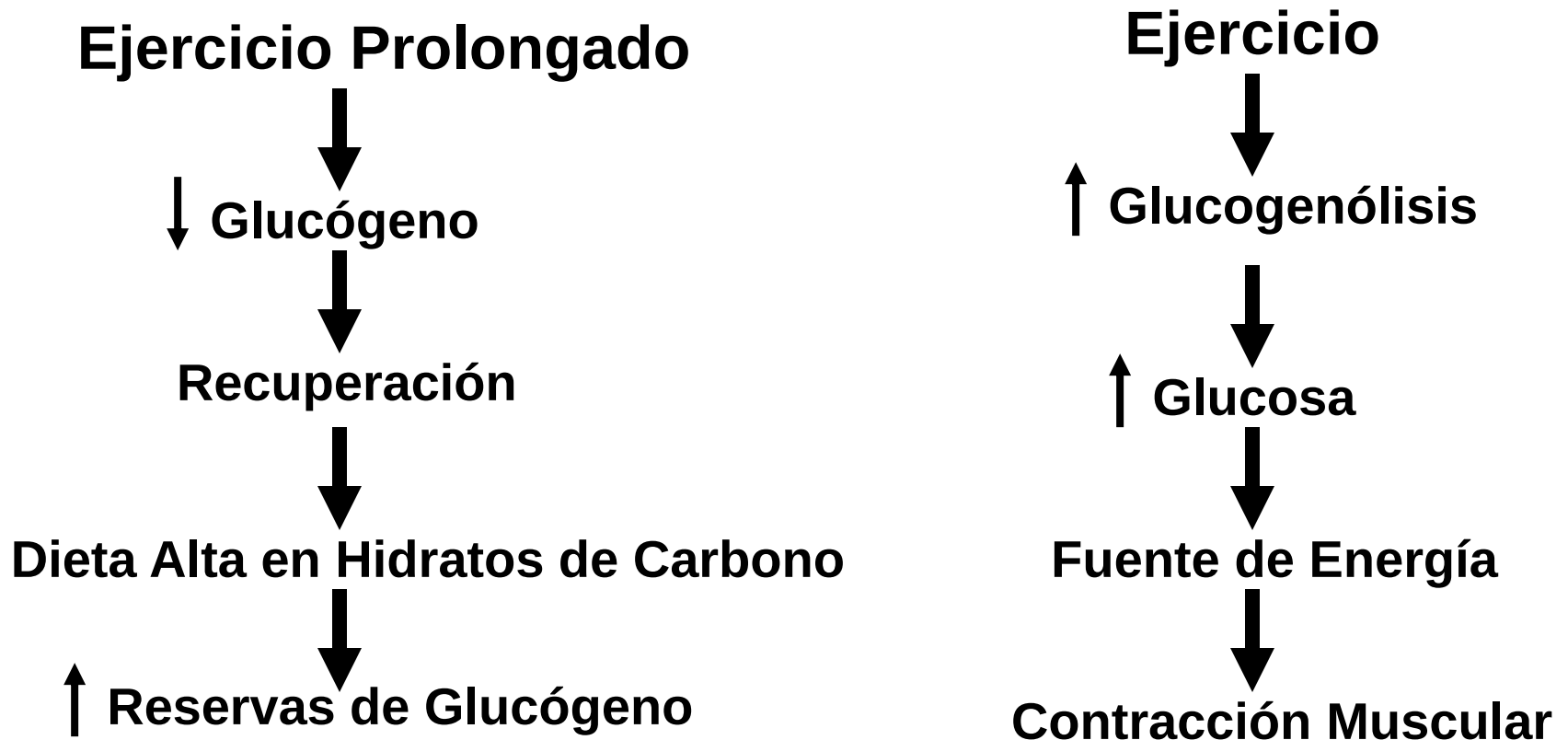
LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



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 *islotes 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)

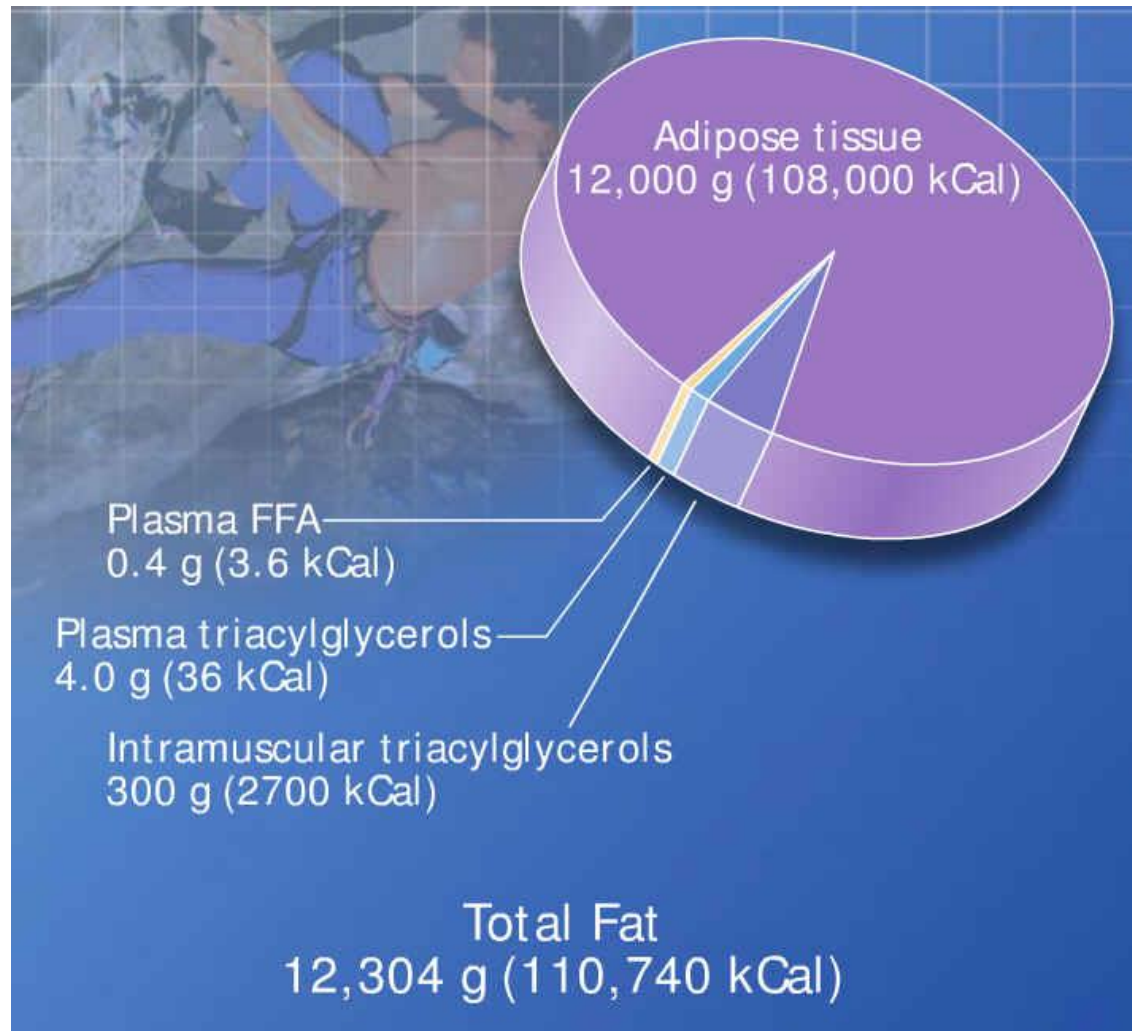
1 g of $C_{16}H_{18}O_2$



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



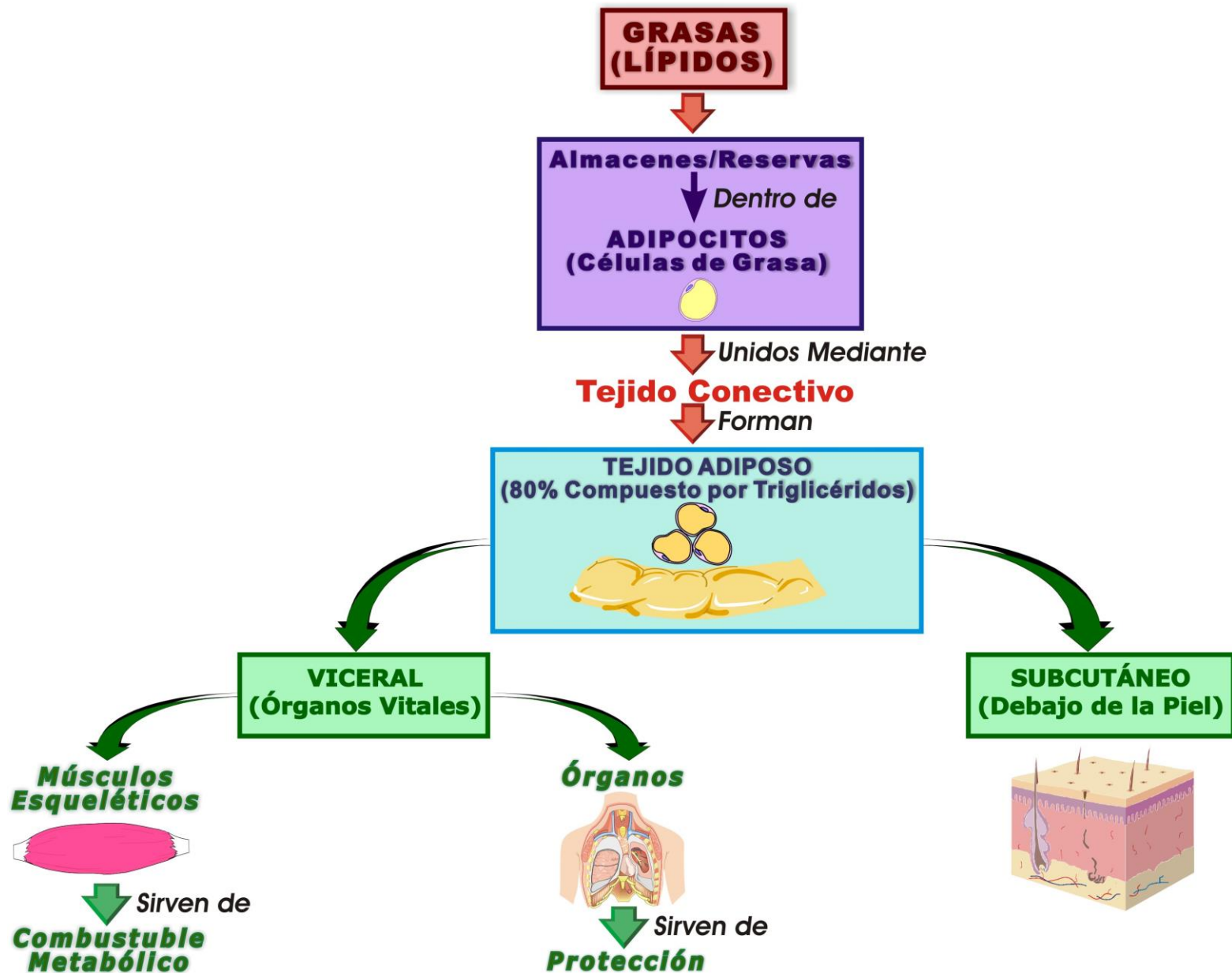
Función más Importante:

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



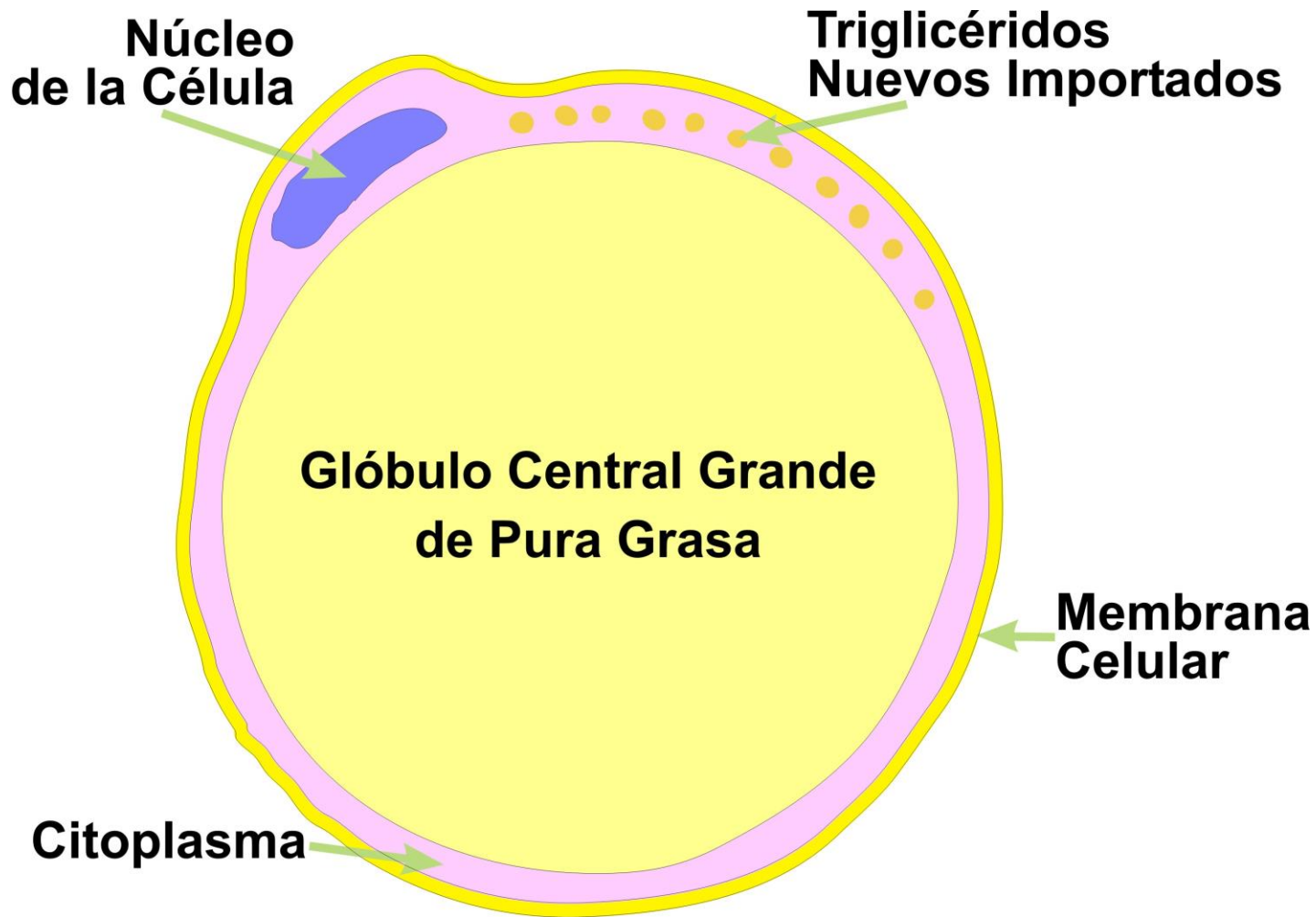
Tipos/Clasificación:

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



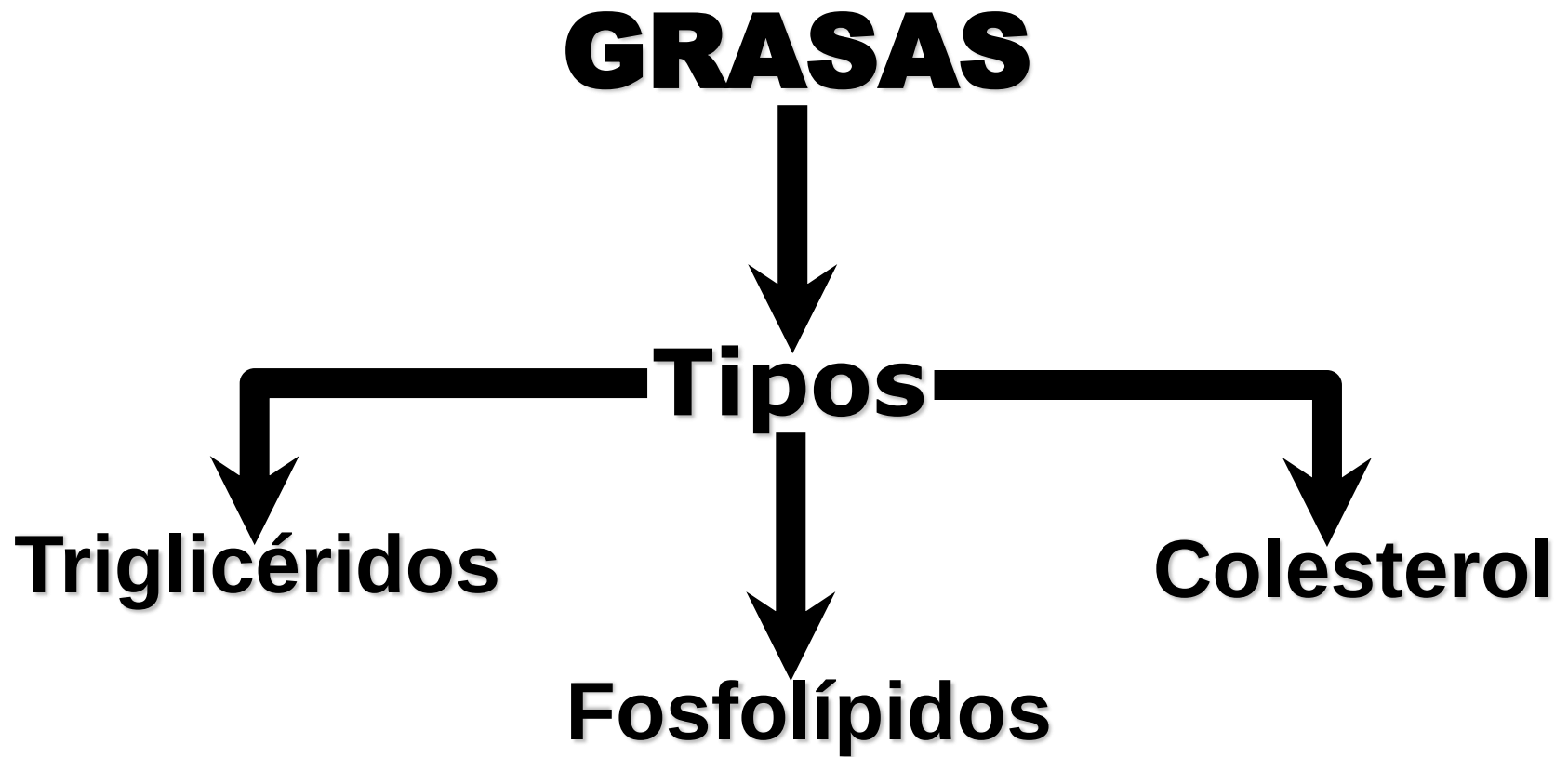
LÍPIDOS - RESERVAS EN EL CUERPO

EL ADIPOSITO HUMANO: Célula de Grasa

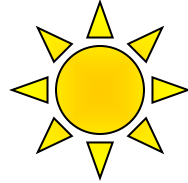


NOTA: Adaptado de: *Sports and Fitness Nutrition*. (p. 173), por R. E. C., Wildman & B. S., Millar, 2004, Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning. Copyright 2004 por Wadsworth, a division of Thomson Learning, Inc.

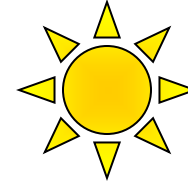
GRASAS O LÍPIDOS



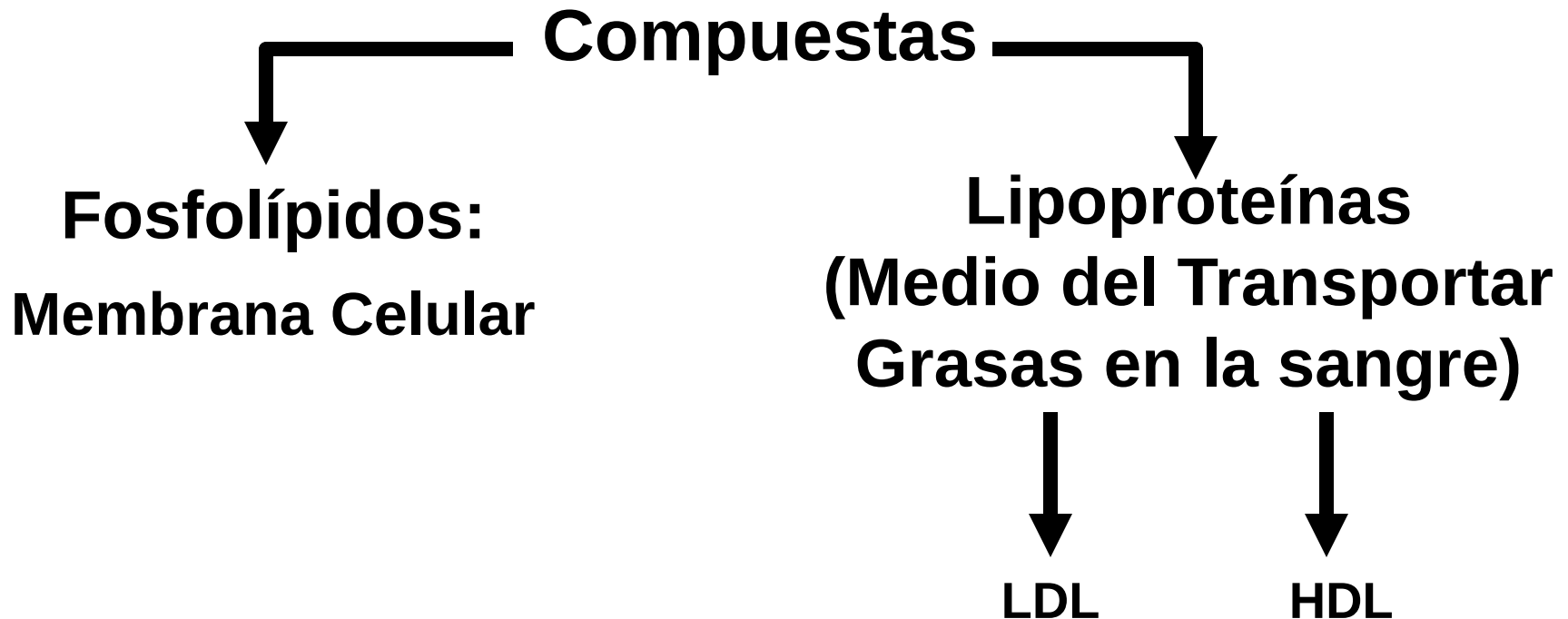
LOS COMBUSTIBLE METABÓLICOS PARA EL EJERCICIO



Las Grasas



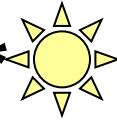
**Tipos/Clasificación **



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



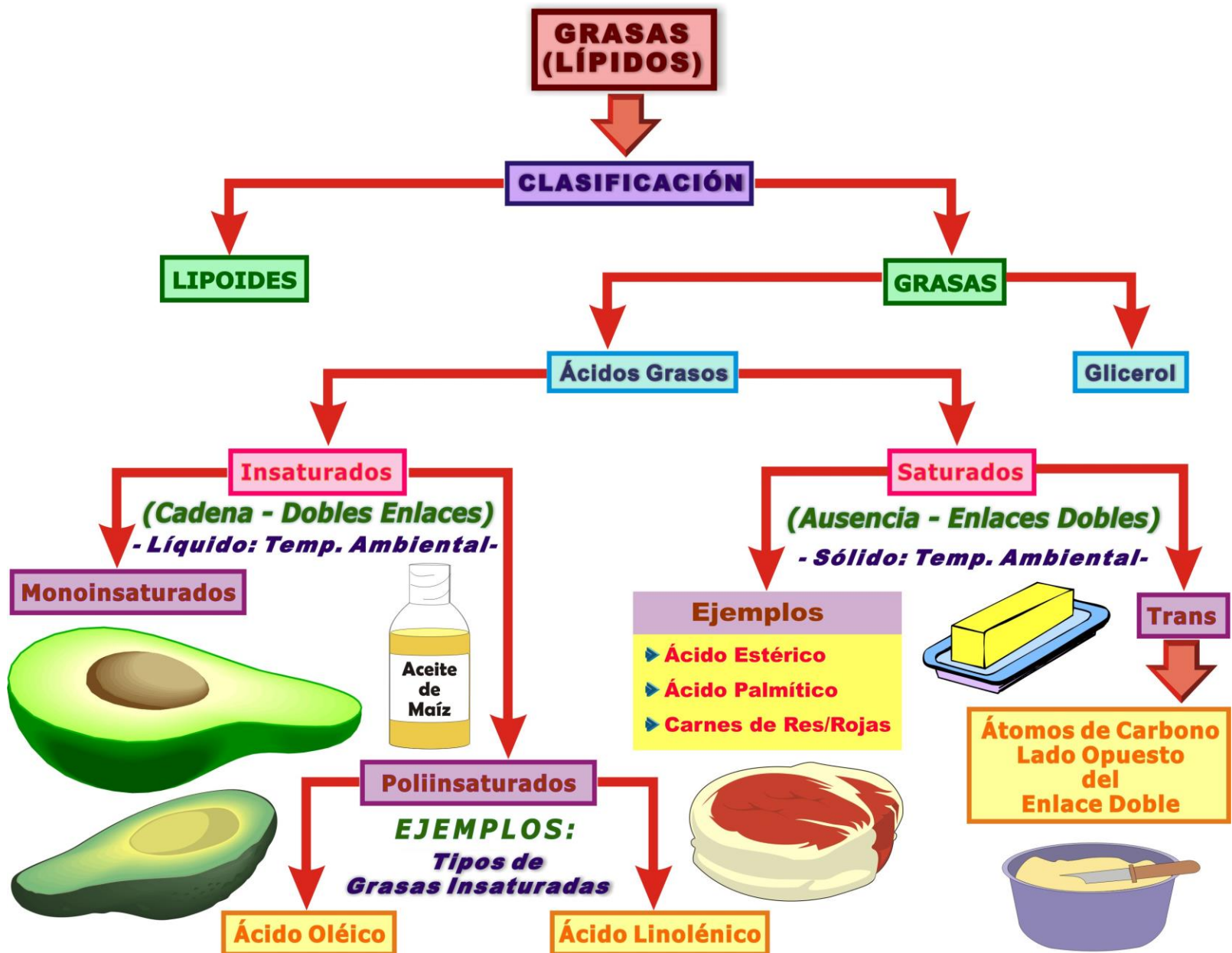
Glicerol

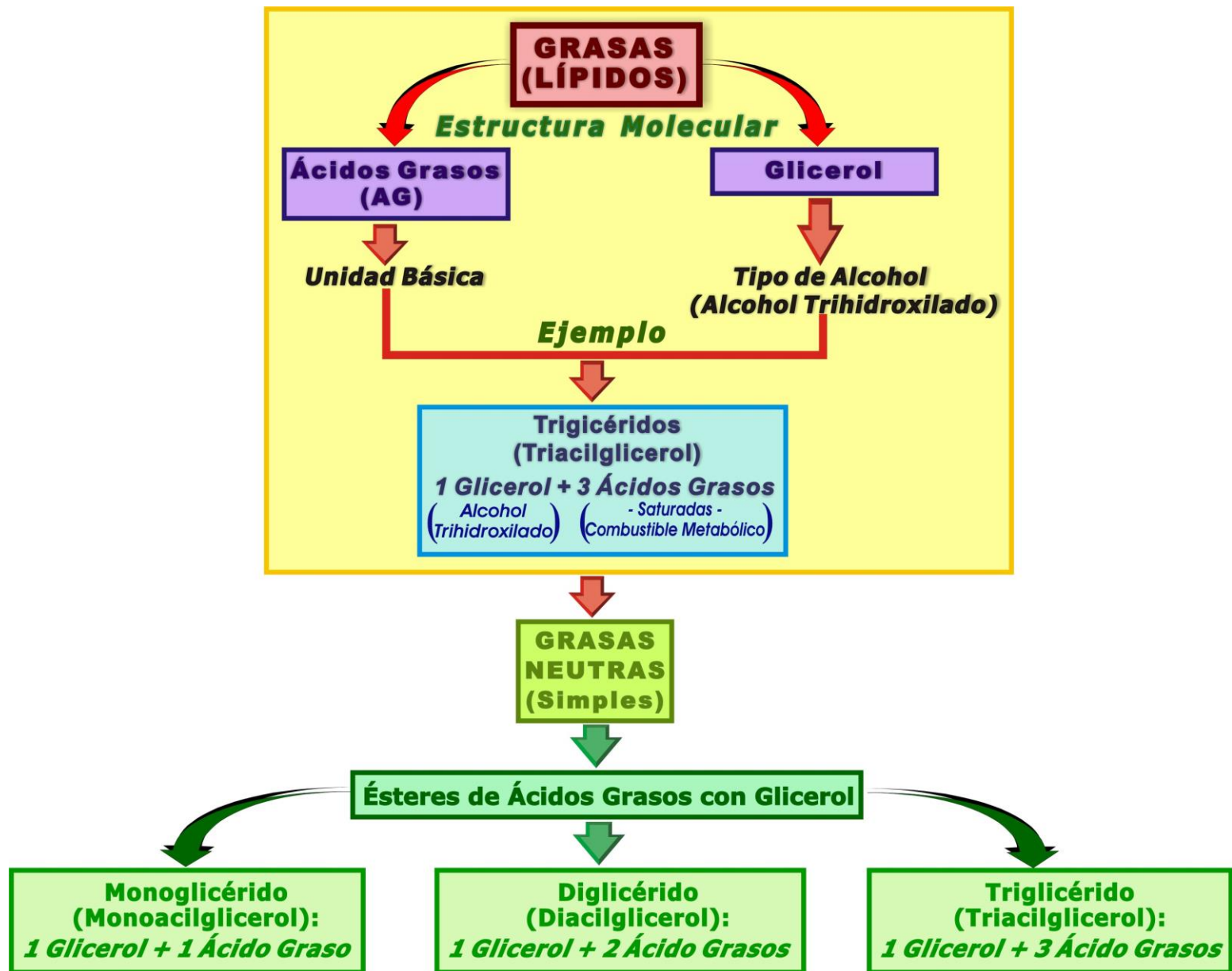


Ácidos Grasos Libres



**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 O_2
(*por cada mol de AGL*)

Ejemplo

Grasas
(1 mol)

5.6 mol ATP/1 mol O_2

Limitación para el
Sistema de Transporte de O_2

CHO
(1 mol)

6.3 mol ATP/1 mol O_2

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)**

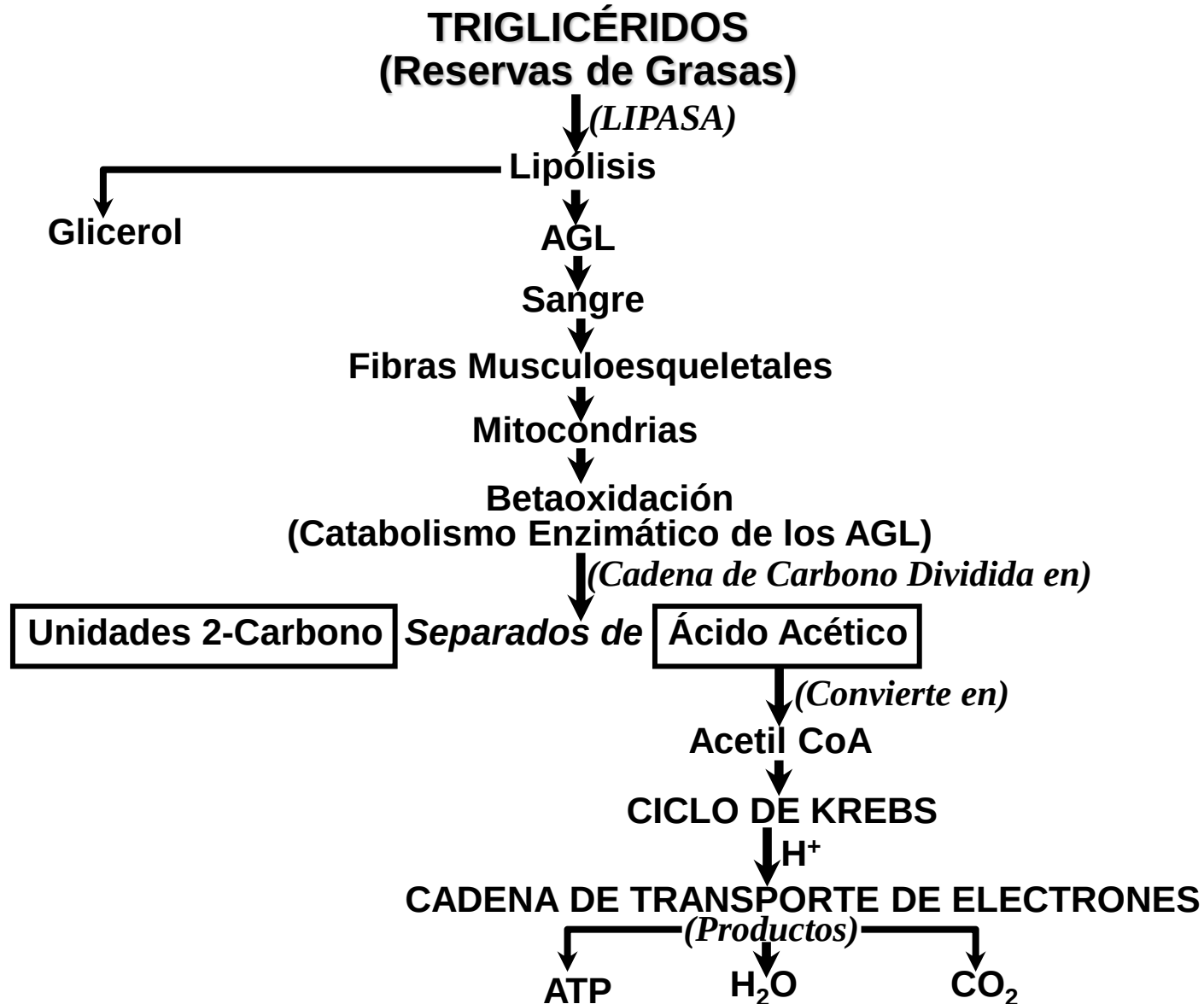
↓
***No Satisface Demandas
Actividad Muscular Intensa***

↓
Degradan

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

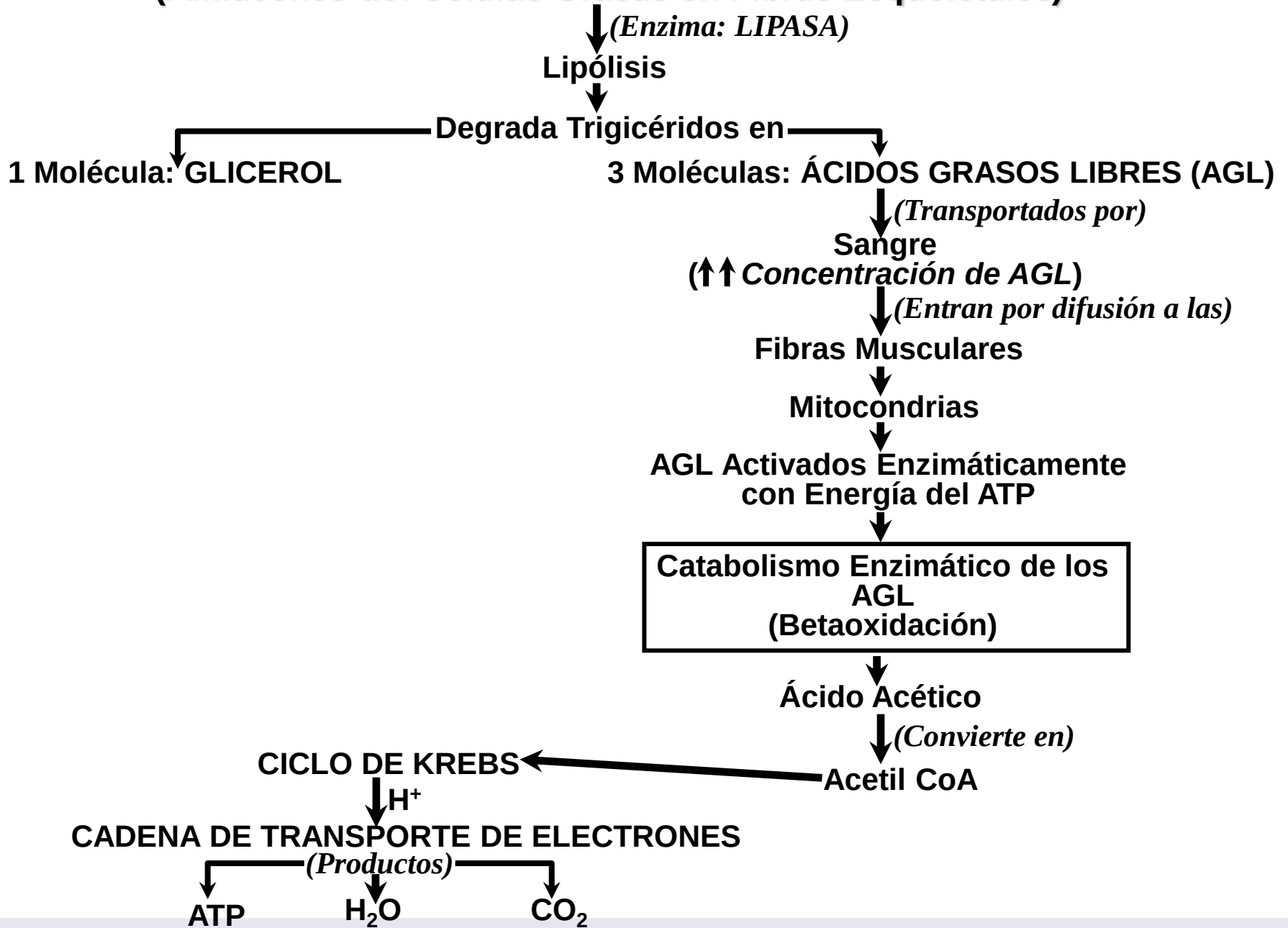
↓
**Forma
ATP**

SISTEMA OXIDACIÓN DE LAS GRASAS (*BETA*OXIDACIÓN)

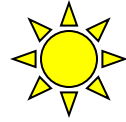


TRIGLICÉRIDOS

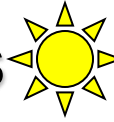
(Almacenes de: Células Grasas en Fibras Esqueletales)



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:

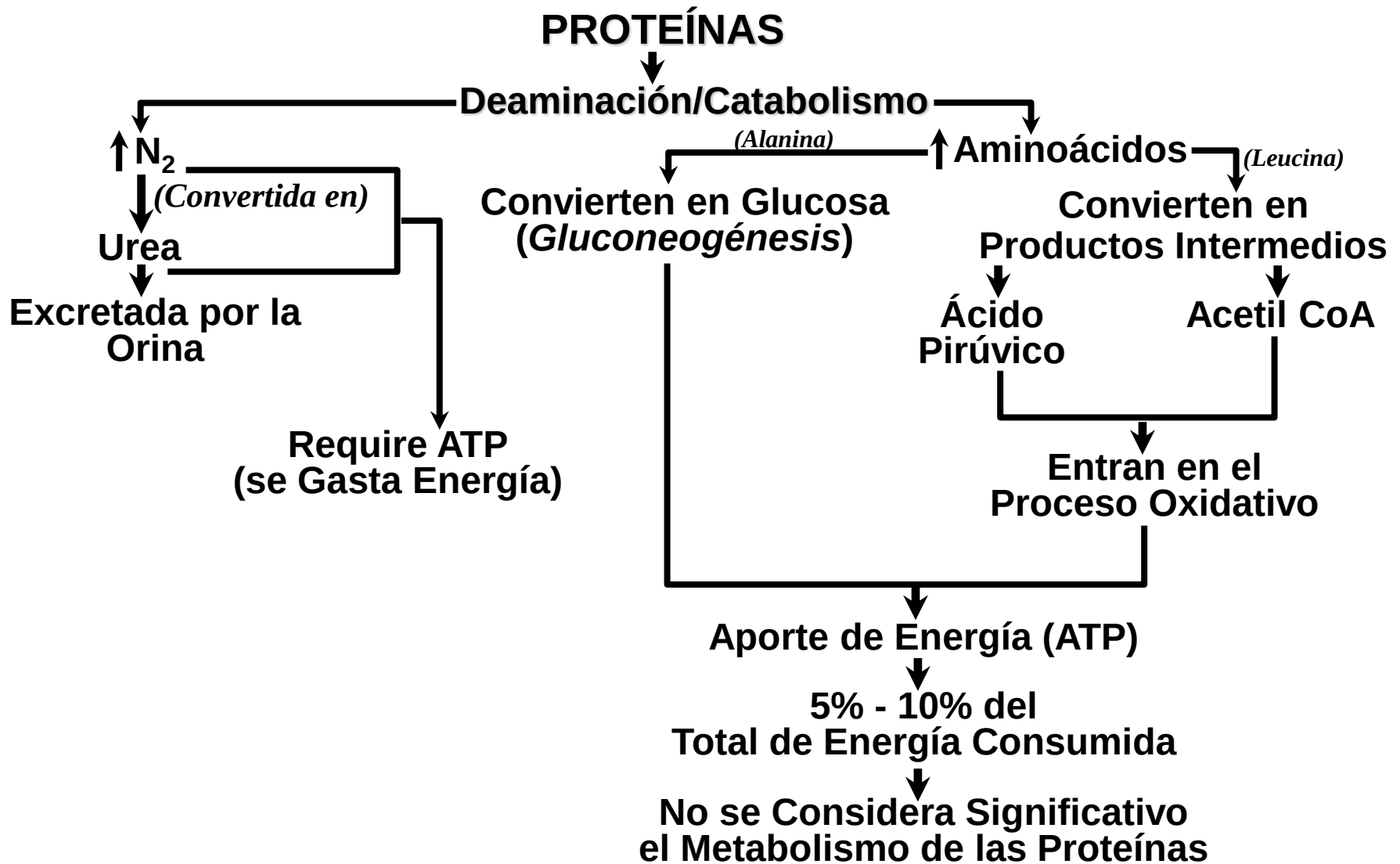
 Se Degradan las Proteínas en Aminoácidos:

 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*)

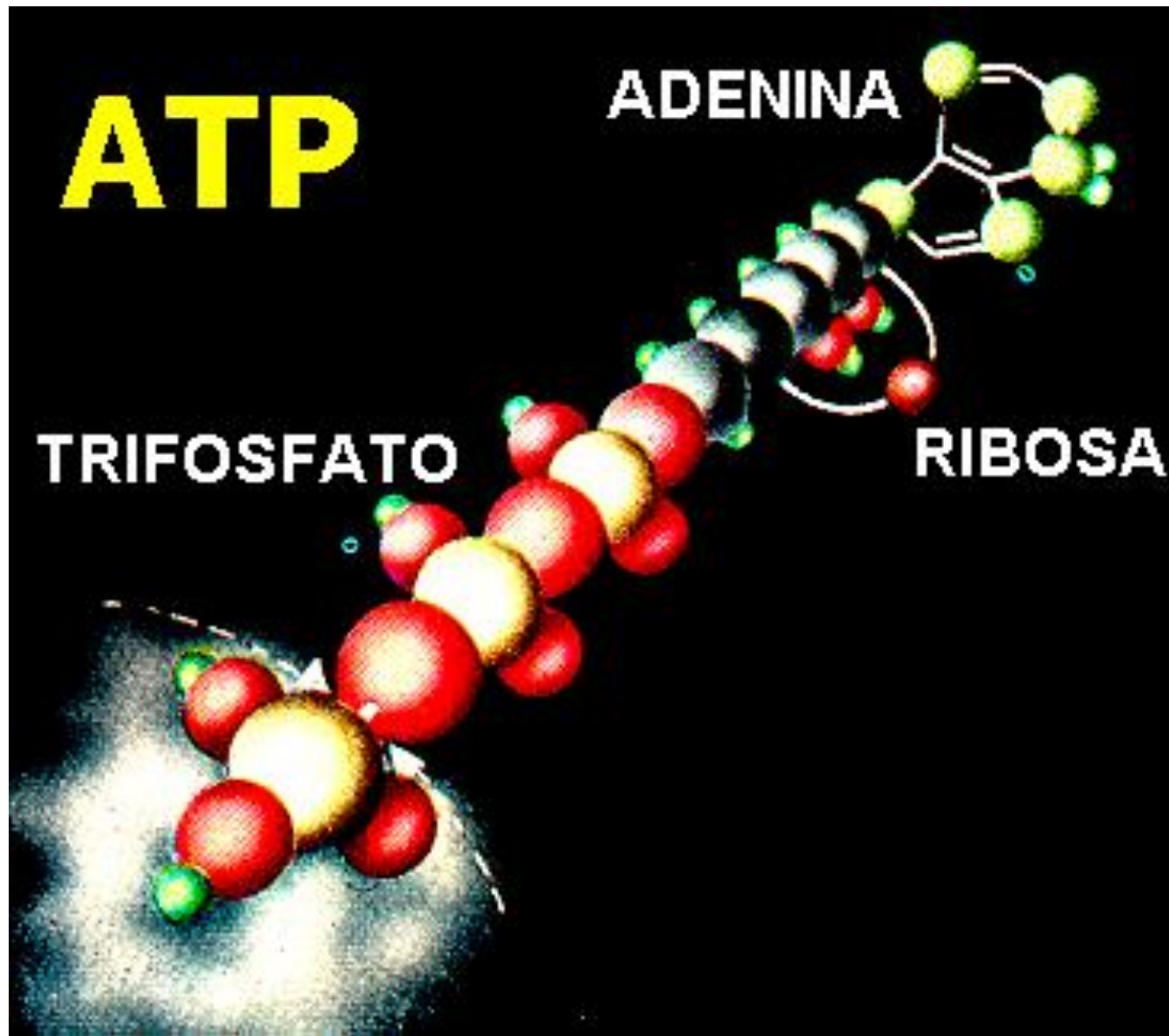


ATP

ADENINA

TRIFOSFATO

RIBOSA



ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)

► Estructura: **ADENOSINA:**

● Una Porción: **Adenina**

● Una Porción: **Ribosa**

FOSFATOS:

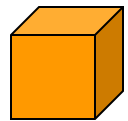
● Tres: **Fosfatos:**

Unidos vía Enlaces Químicos de Alta Energía



FOSFATOS DE ALTA ENERGÍA

Adenosina de Trifosfato (ATP)



Formación/Síntesis Estructural:

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

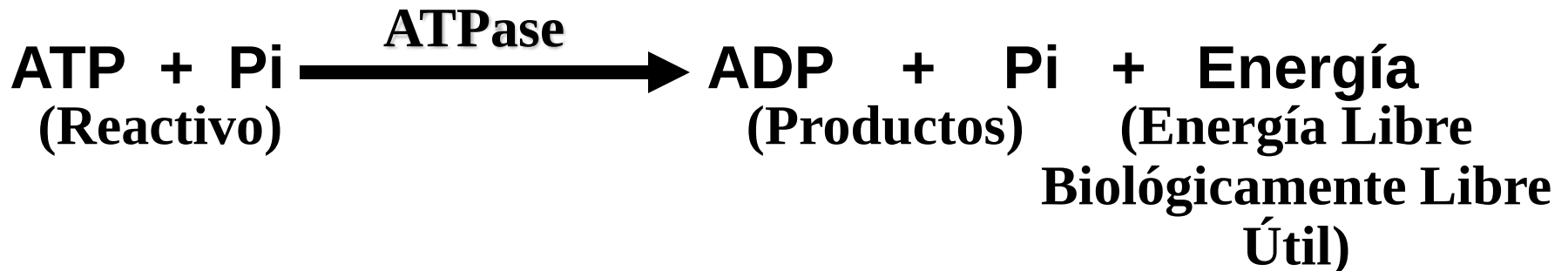
 Mecanismo por el cual Libera Energía
(Catabolismo: *Reacción Exergónica*):

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)

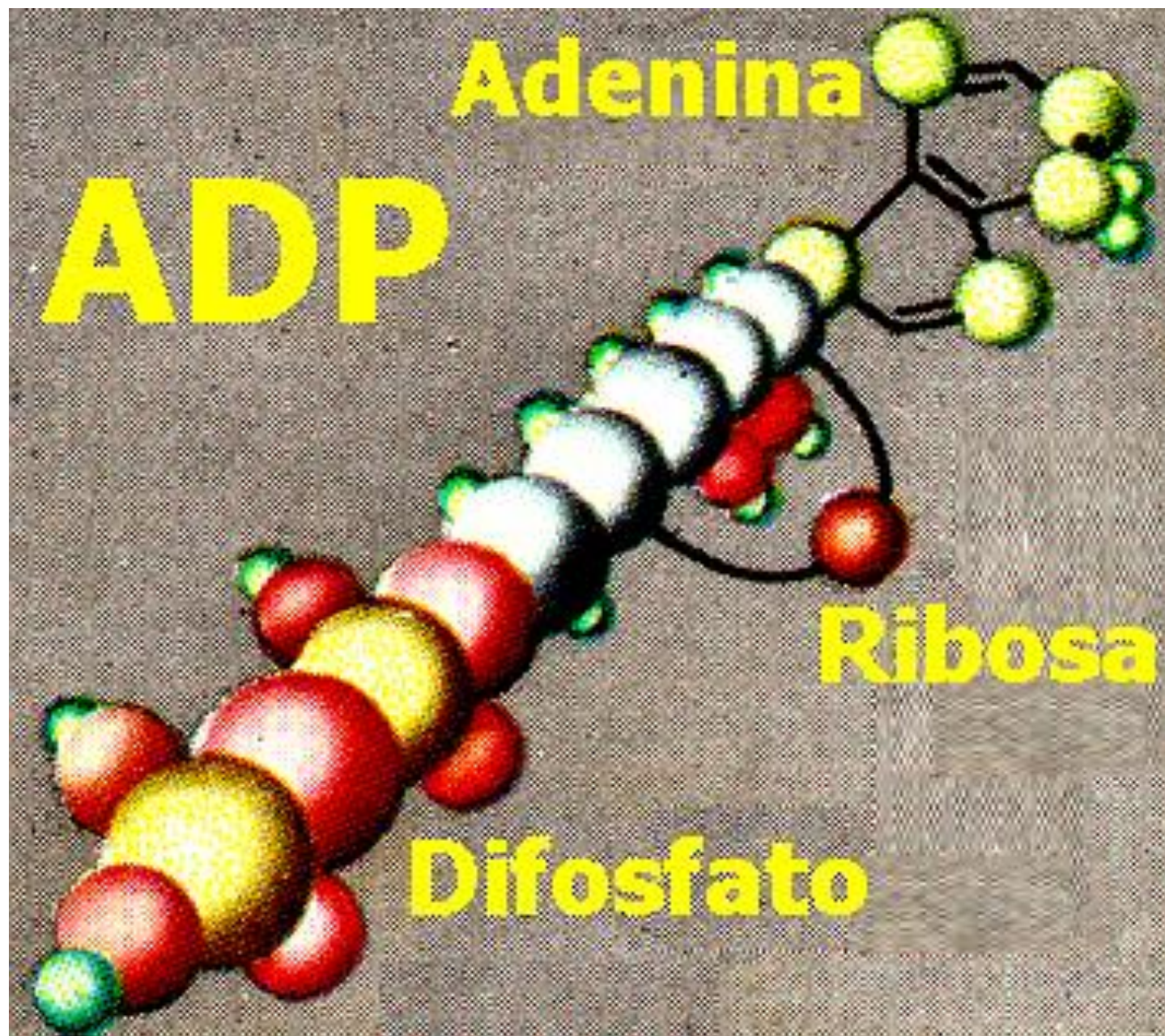


ADP

Adenina

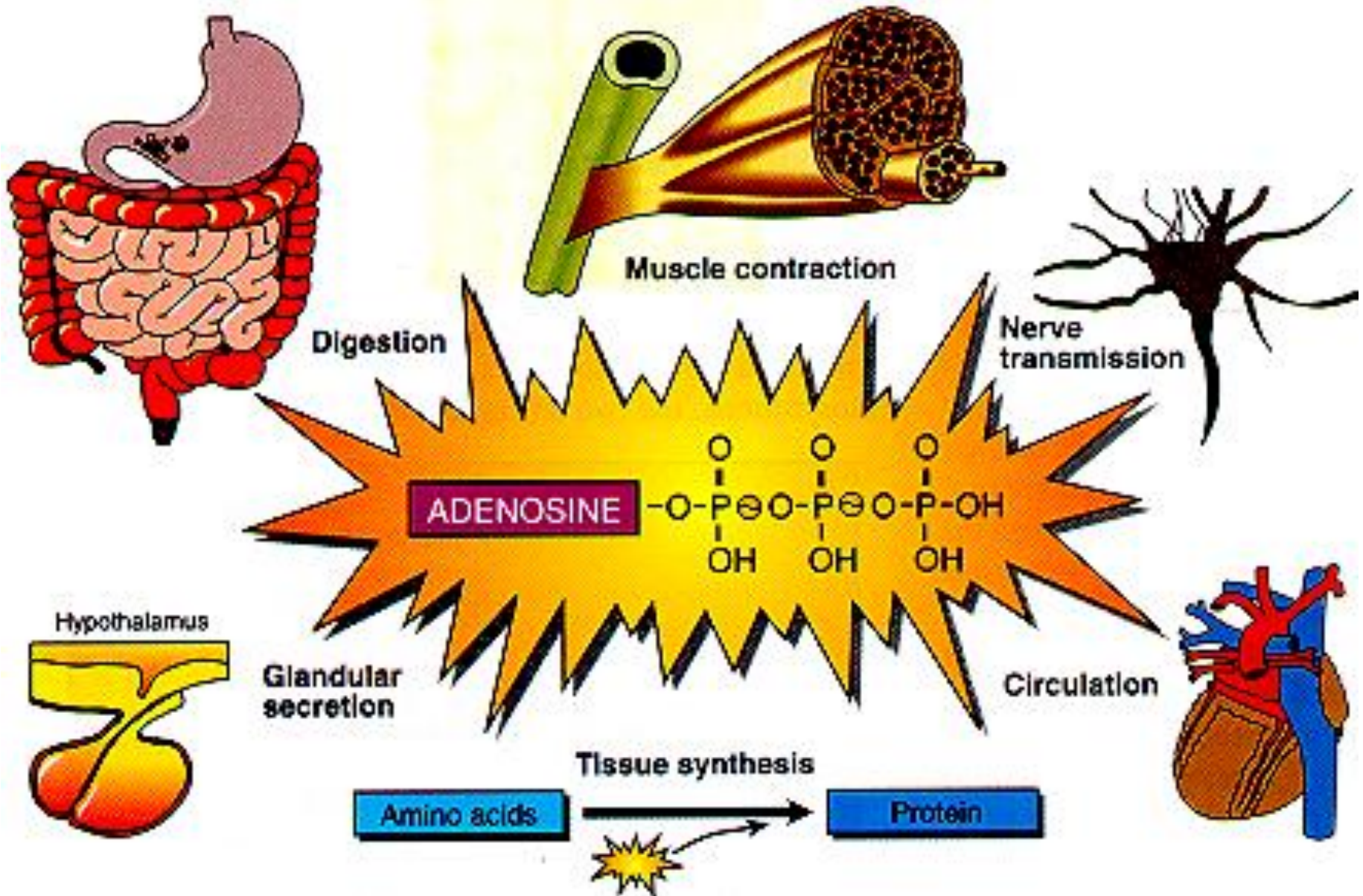
Ribosa

Difosfato



FUENTE DE ENERGÍA PARA EL CUERPO:

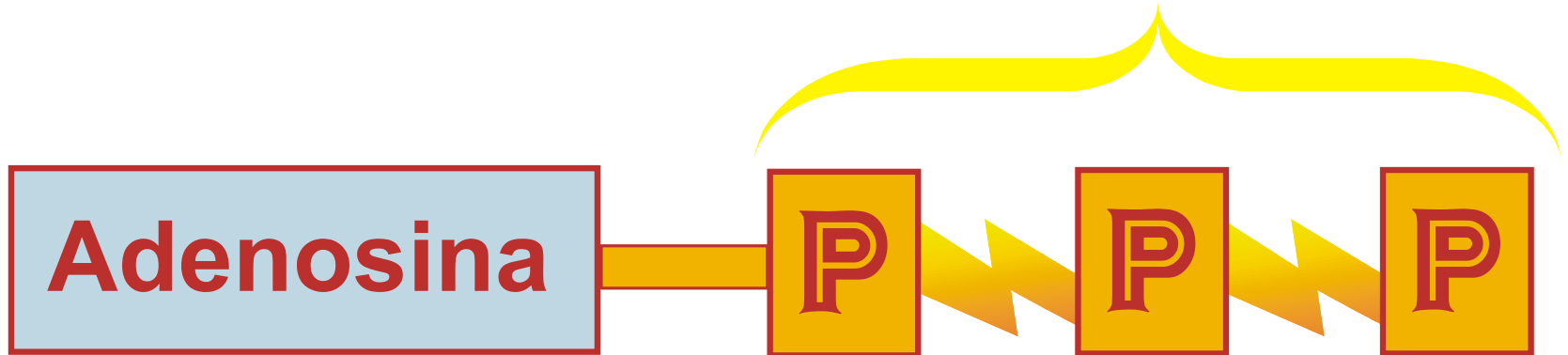
ADENOSINA DE TRIFOSFATO: *ATP*



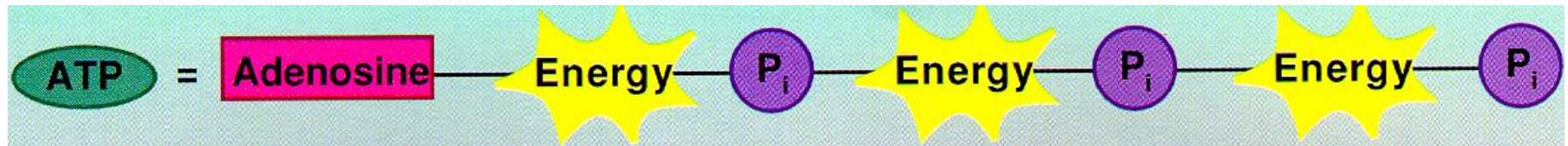
FUENTE DE ENERGÍA PARA EL CUERPO: **ADENOSINA DE TRIFOSFATO: *ATP***



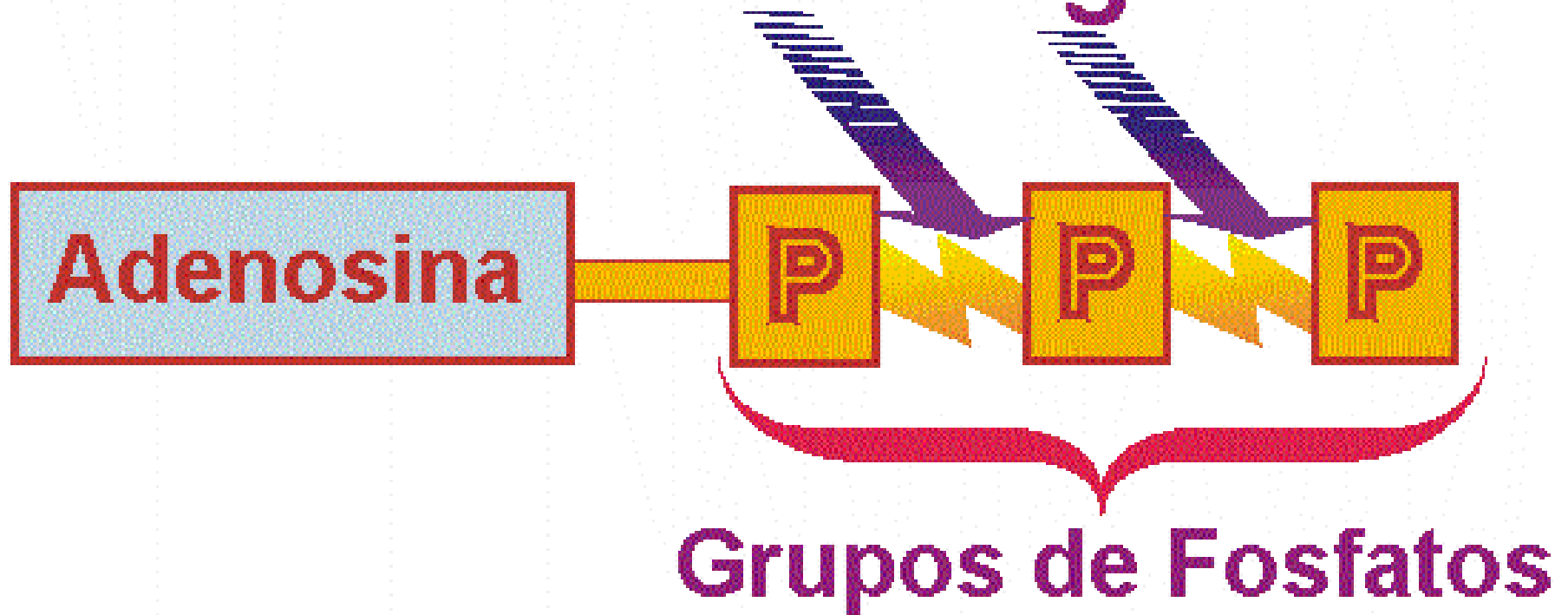
Grupos de Fosfatos



MOLÉCULA DE ATP

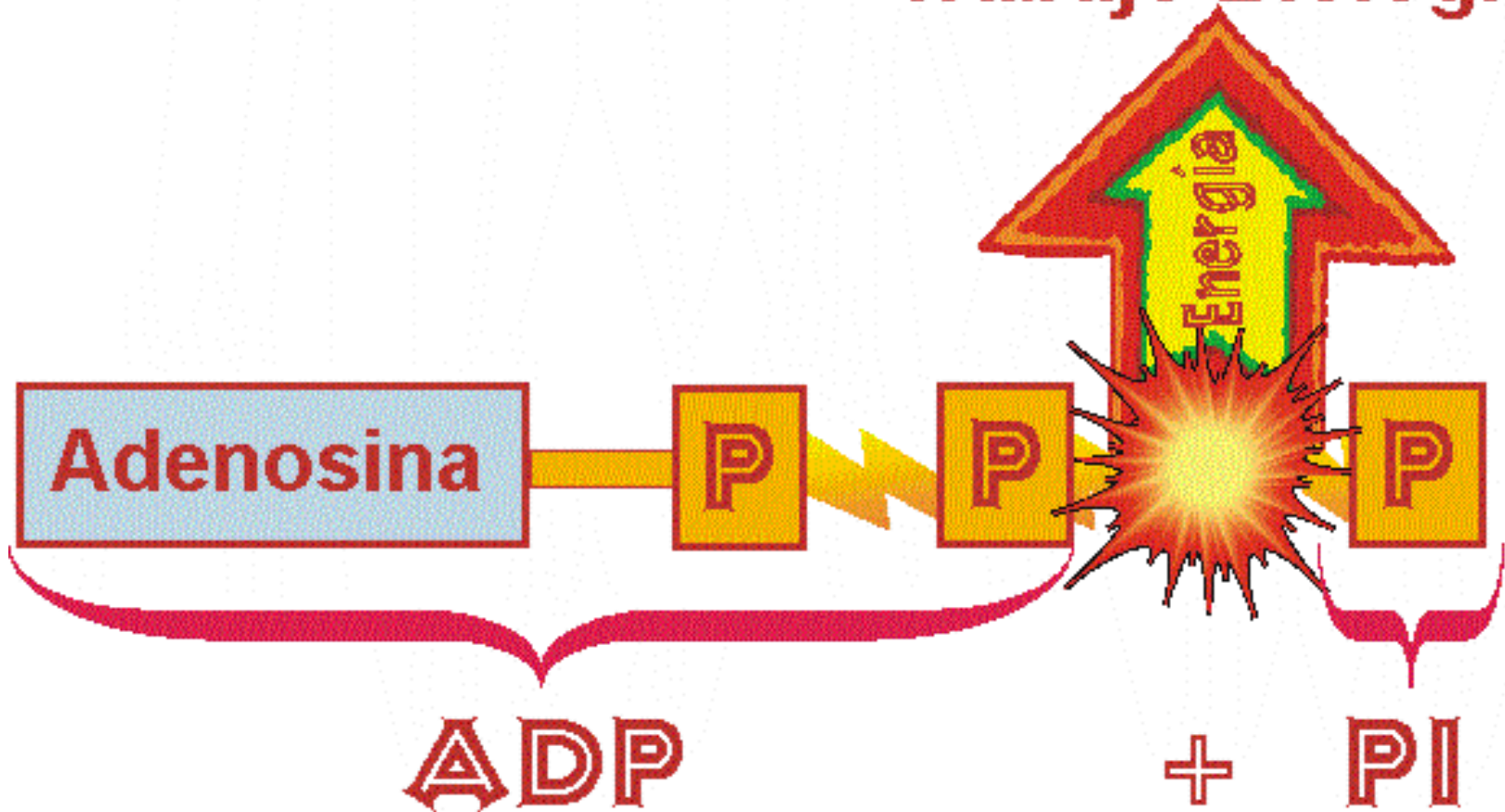


Enlaces de Fosfatos de Alta Energía



MOLÉCULA DE ATP

Trabajo Biológico



DESDOBLAMIENTO DEL ATP

FUENTES ENERGÉTICAS:

ATP: ***ADENOSINA DE TRIFOSFATO***

*** ESTRUCTURA MOLECULAR ***



a

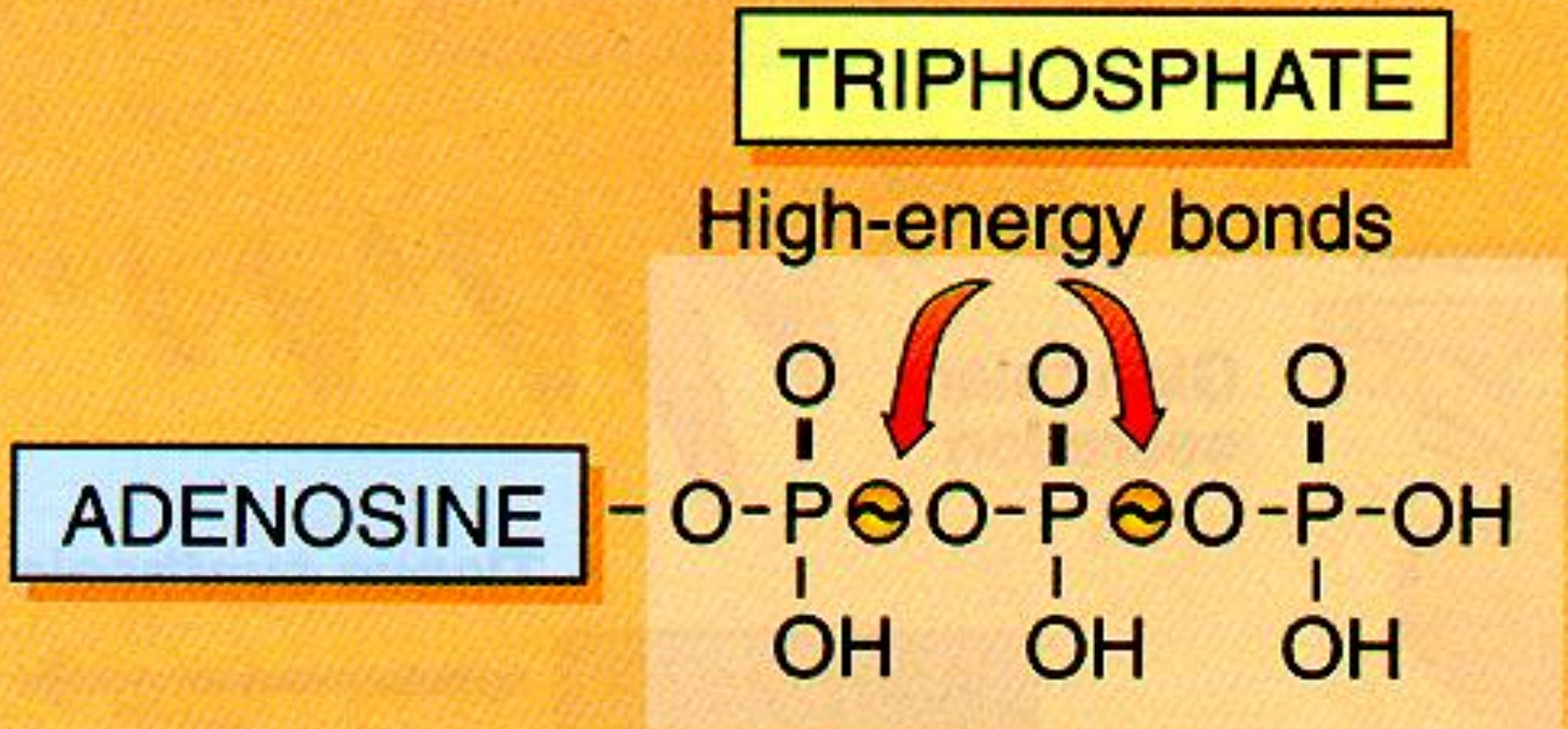


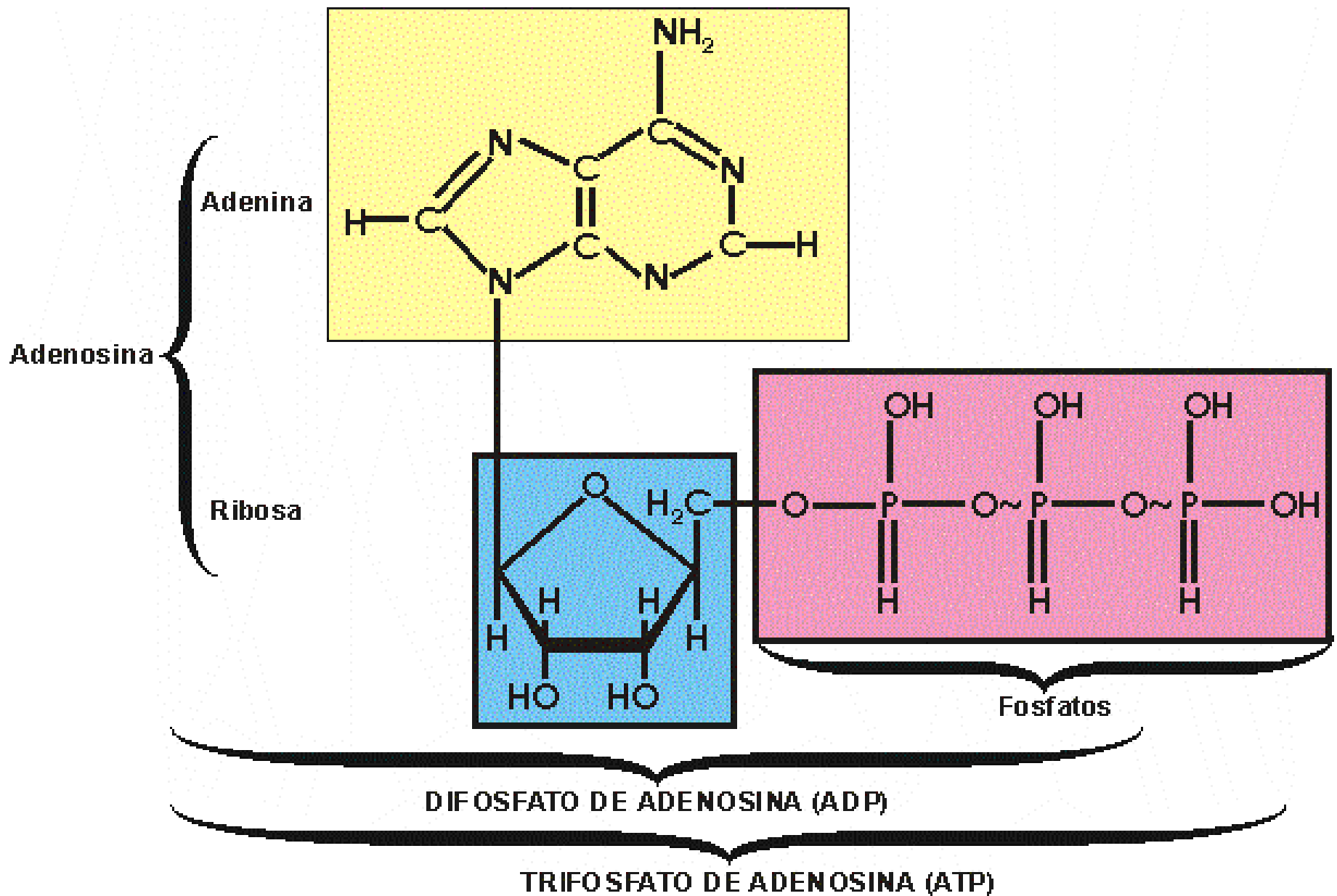
b

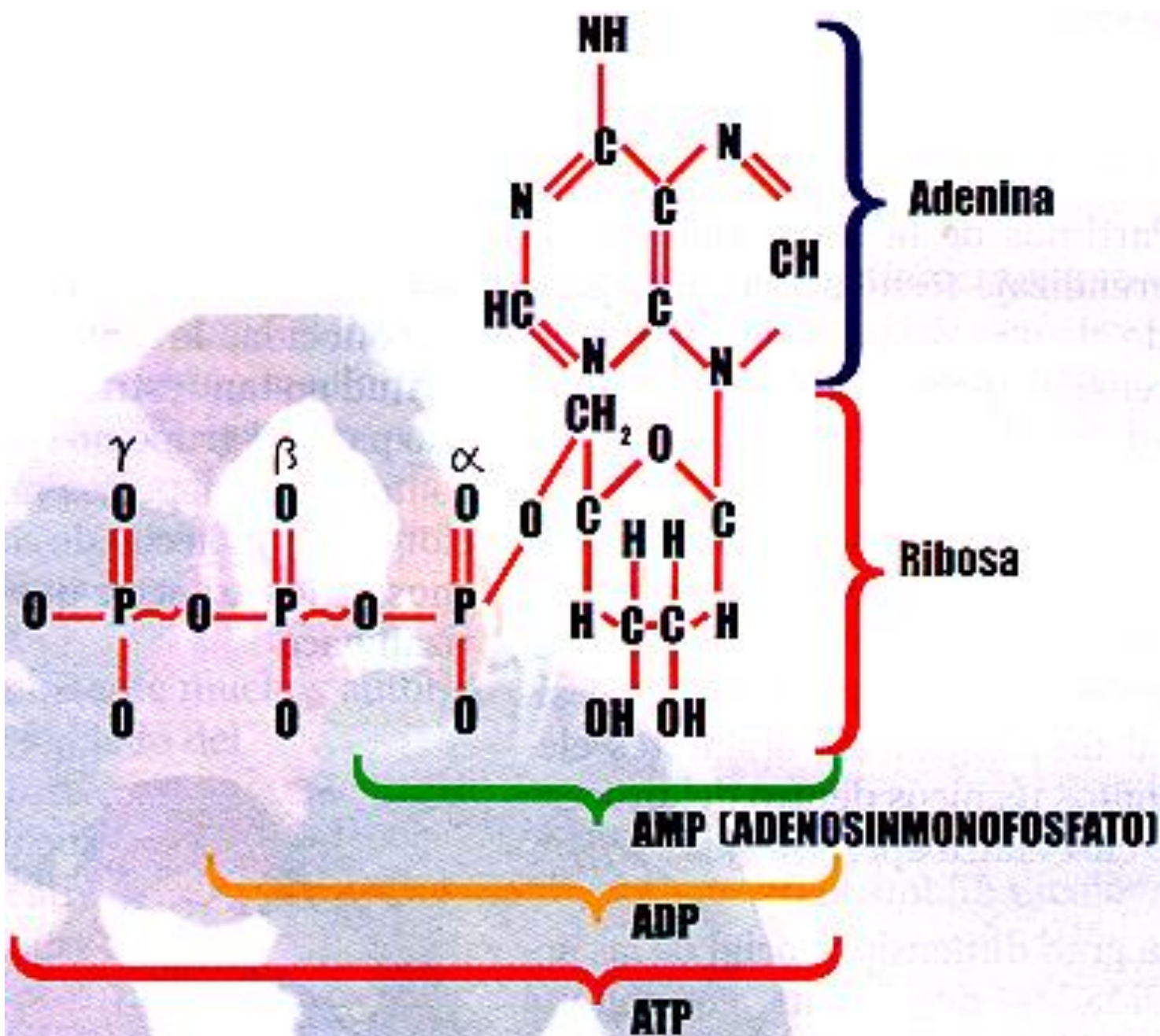
FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

ADENOSINA DE TRIFOSFATO

* ESTRUCTURA MOLECULAR *





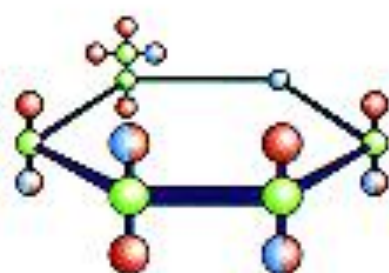


Food Energy

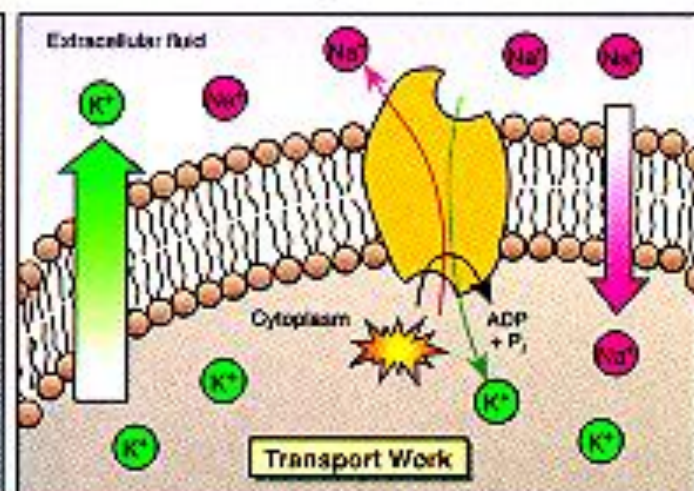
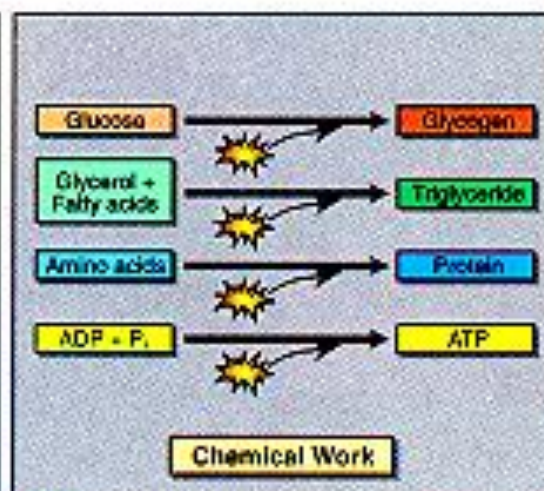
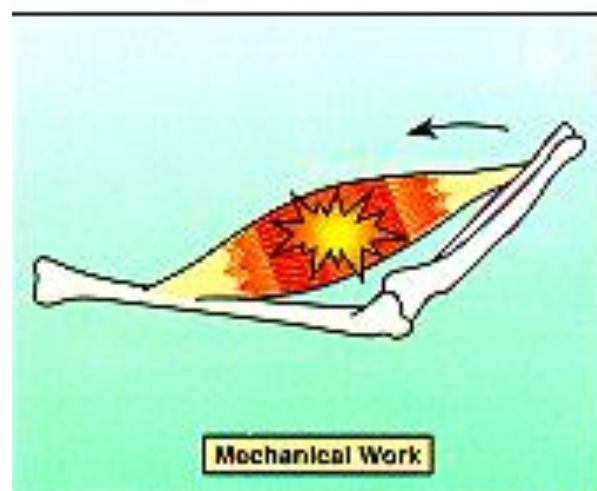
carbohydrates • lipids • proteins

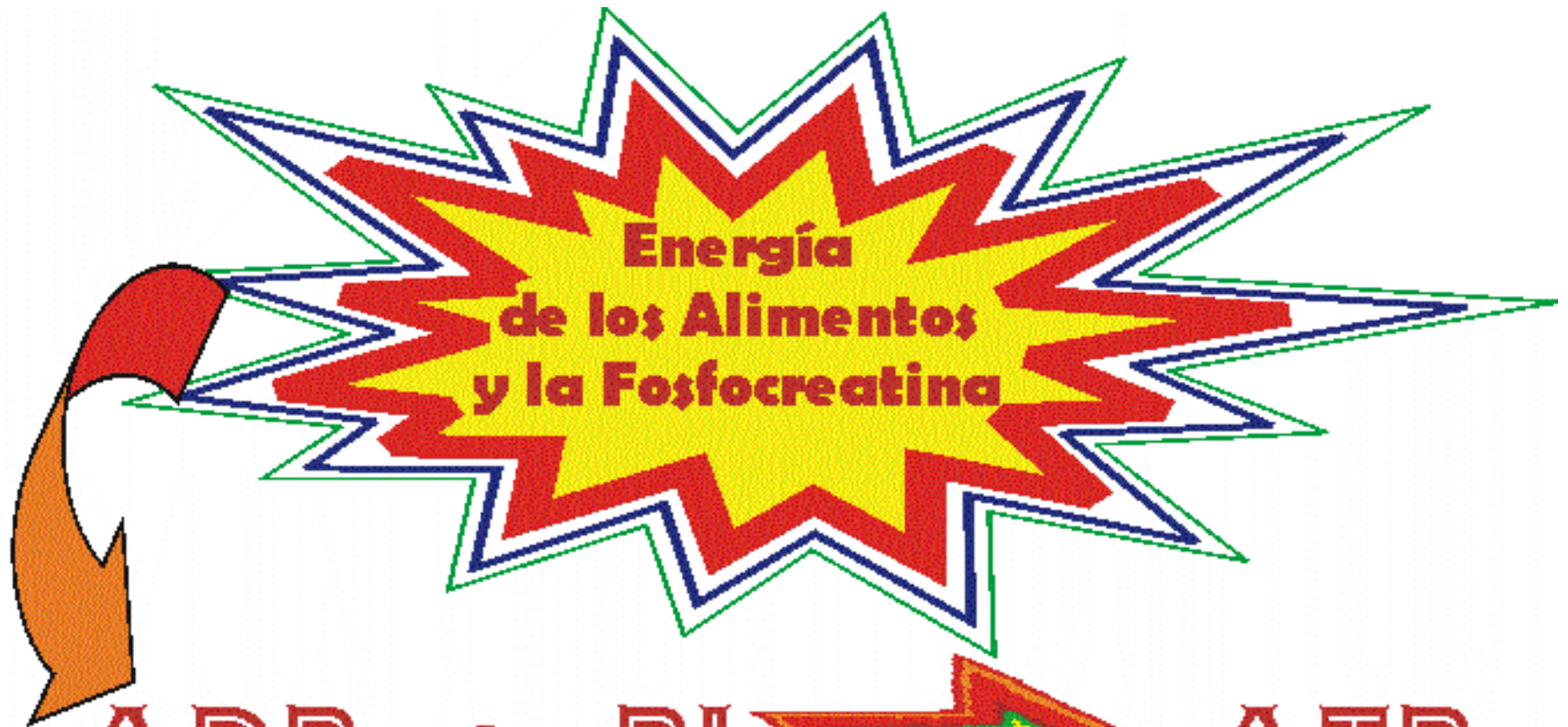


Cellular Respiration
(reverse of photosynthesis)



Glucose





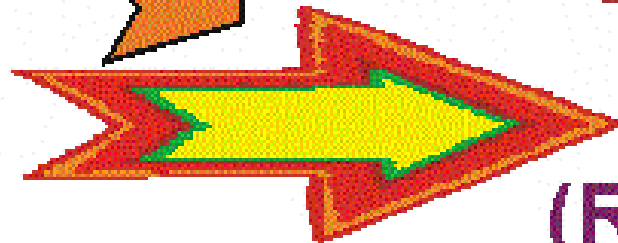
**SÍNTESIS DEL ATP POR
REACCIONES ACOPLADAS**

**Energía
de los
Alimentos**

**(Metabolismo
Anabólico)**

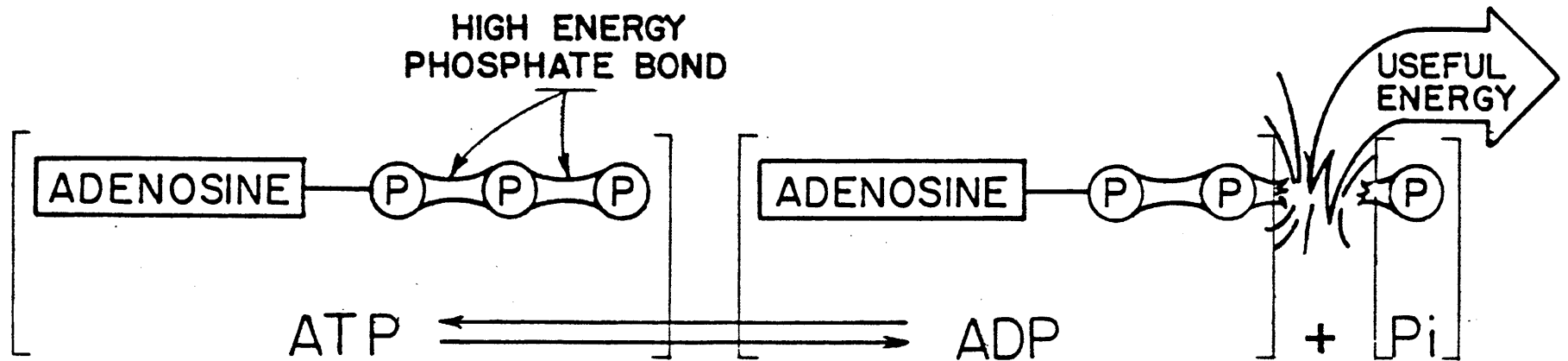
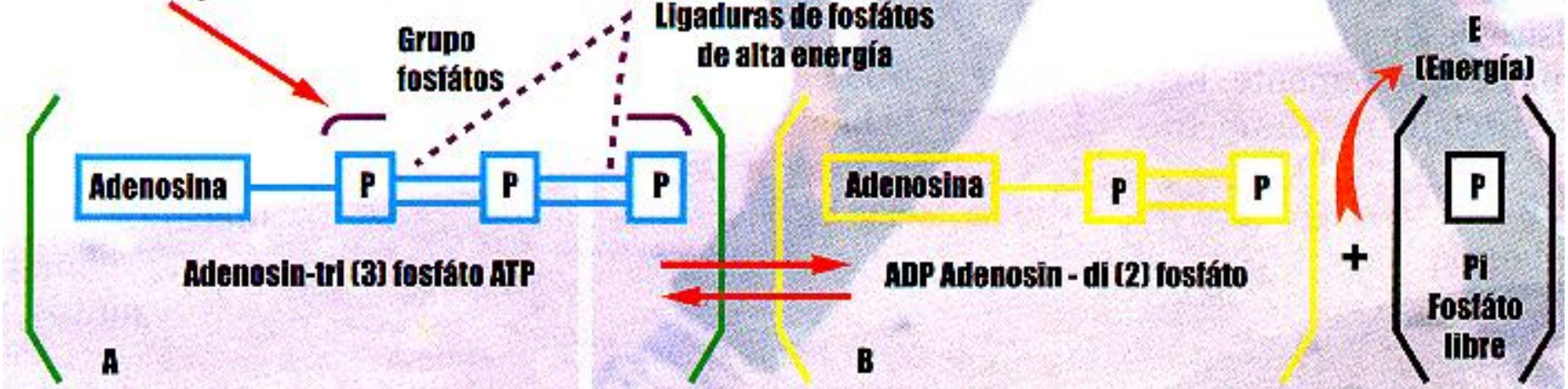
**(Reacción
Endergónica)**

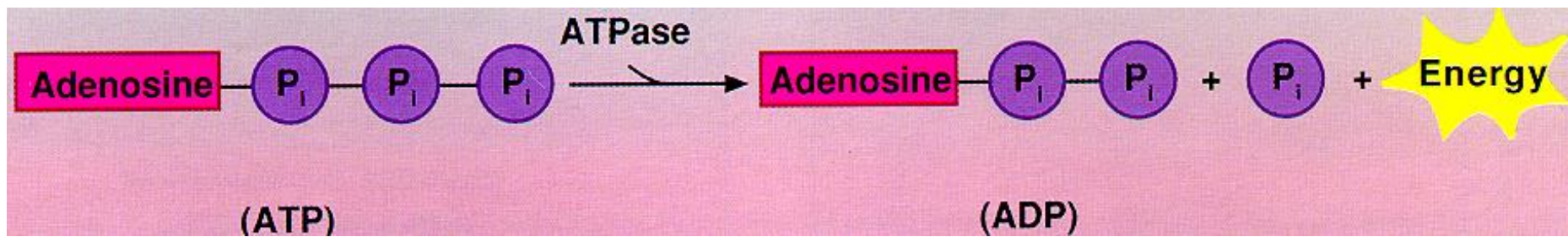
ADP + PI
(Productos)



ATP
(Reactante)

Estructura simplificada del ATP



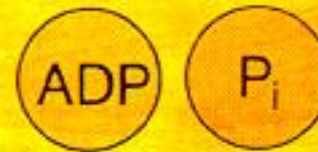


Chemical
energy

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



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



Heat

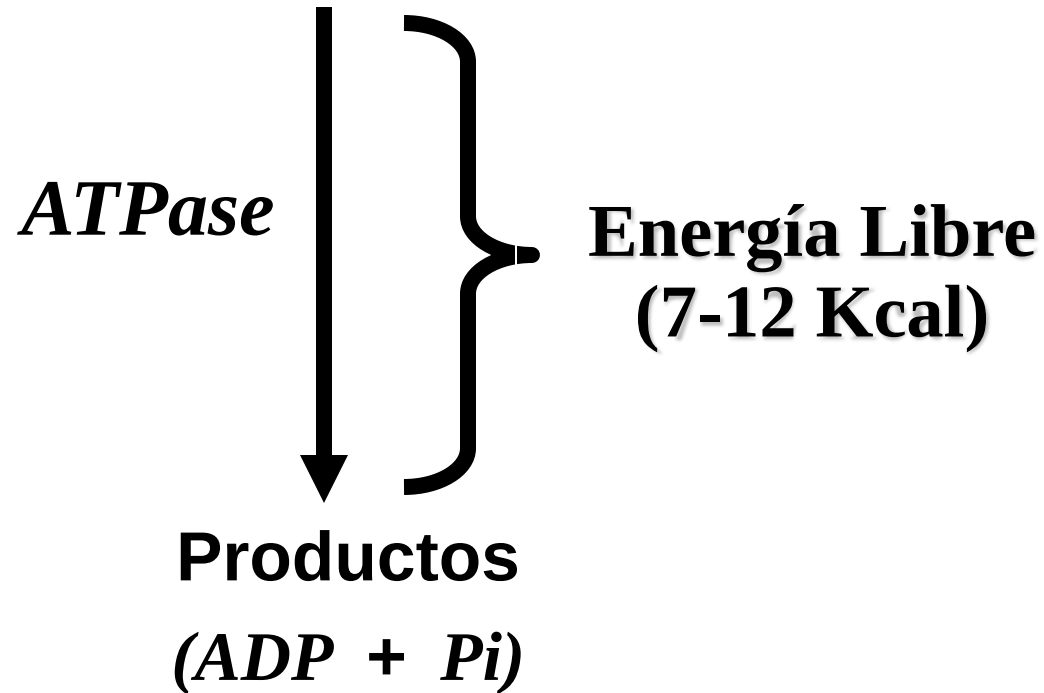
+

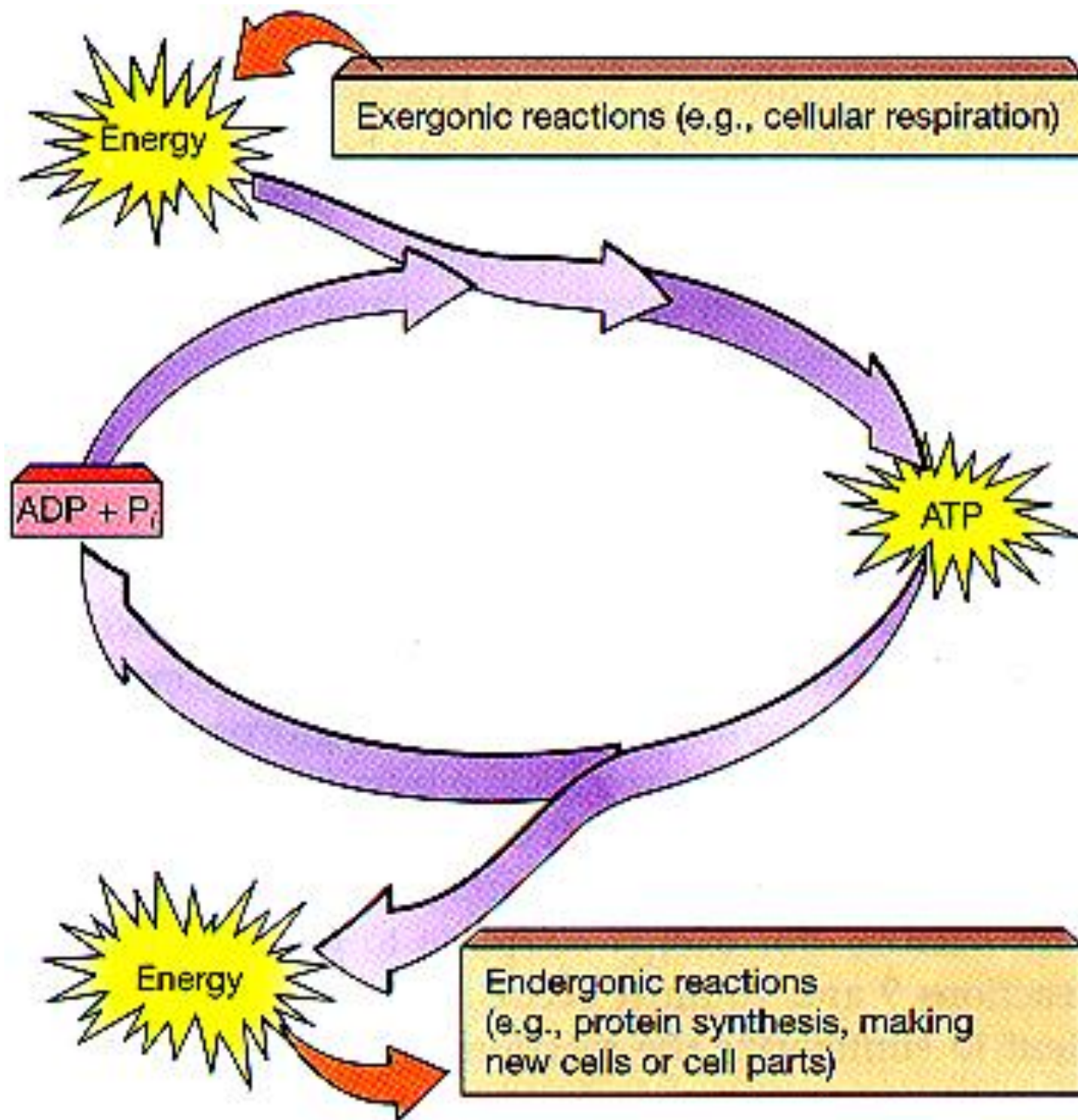
mechanical
energy

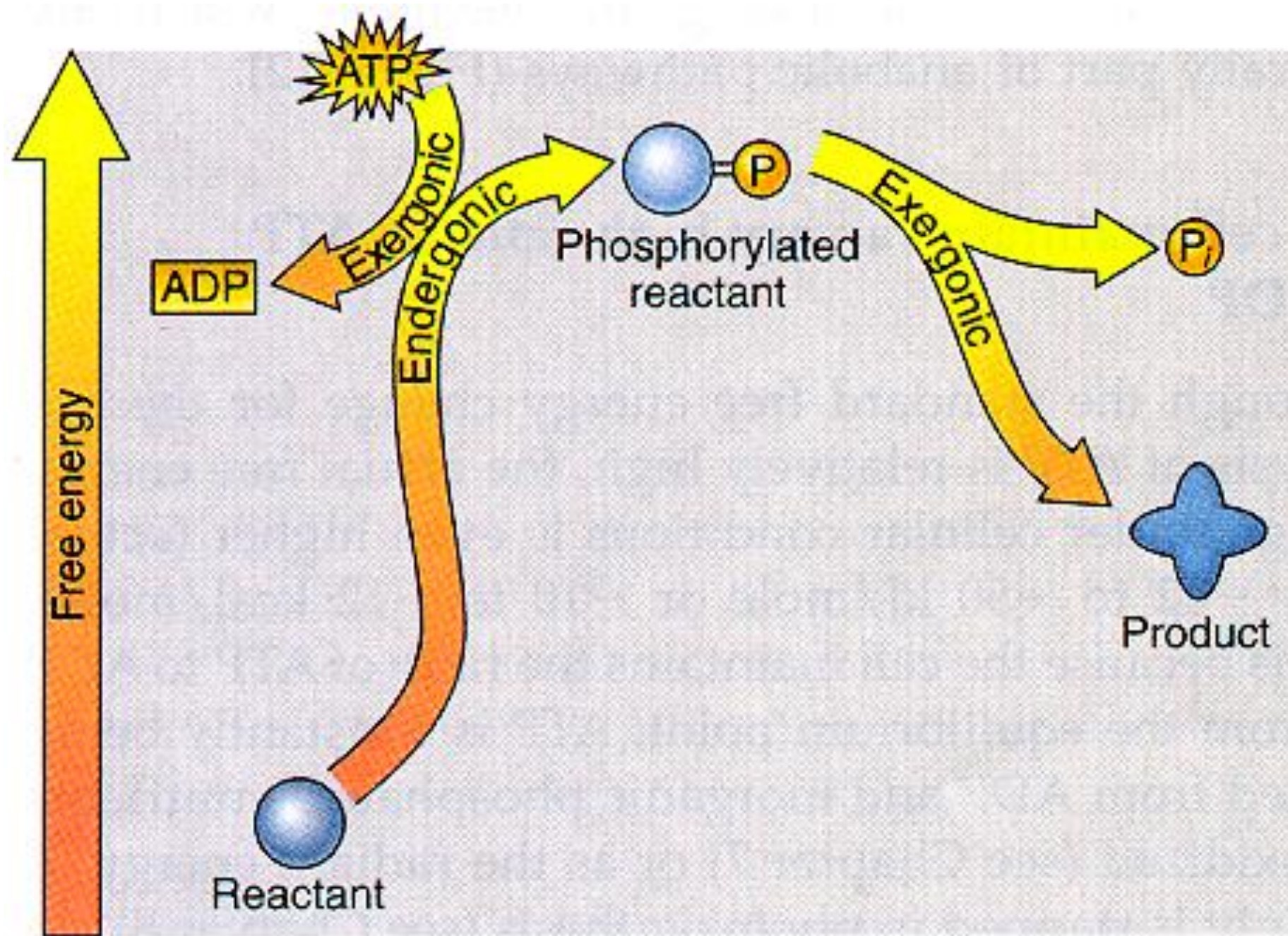
Reserve allows
10 contractions



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

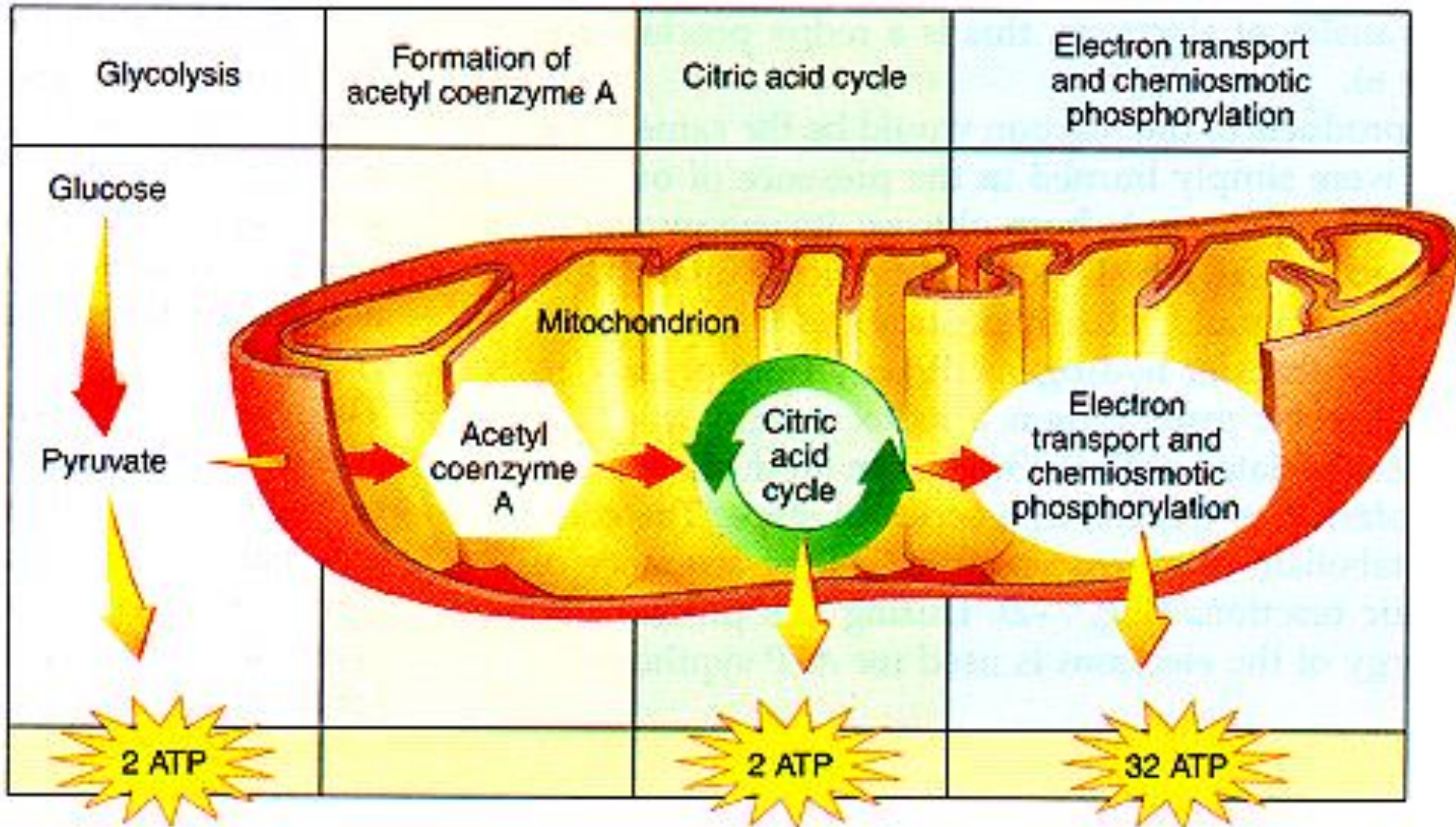
METABOLISMO CELULAR: *VÍAS METABÓLICAS DE ATP*

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

fatty acids + glycerol

**BETA
OXIDATION**

CARBOHYDRATES

glucose / glycogen

pyruvic acid

lactic acid

acetyl CoA

ketone bodies

oxaloacetic acid

citric acid

**KREBS
CYCLE**

PROTEINS

amino acids

deamination

alanine

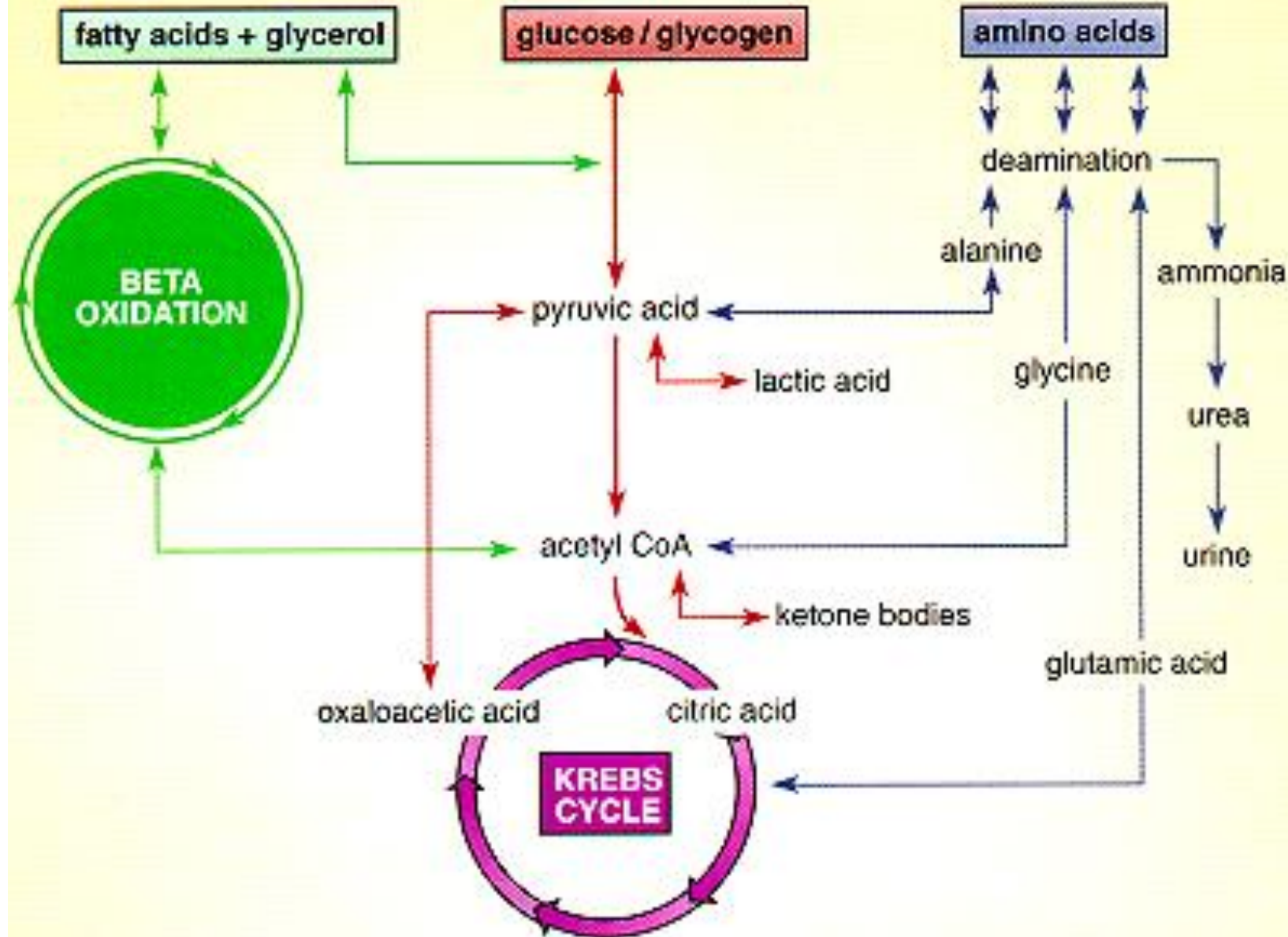
glycine

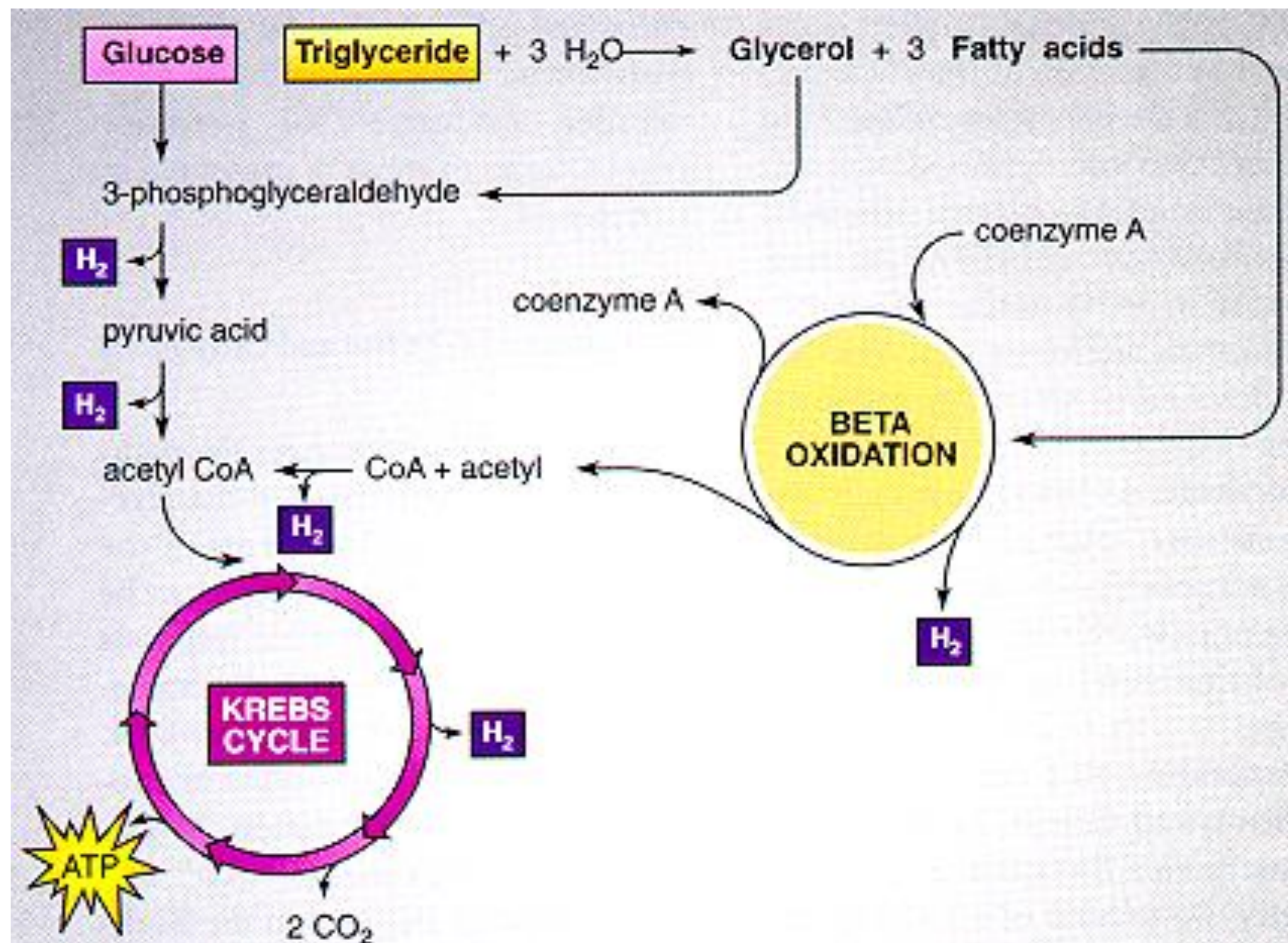
ammonia

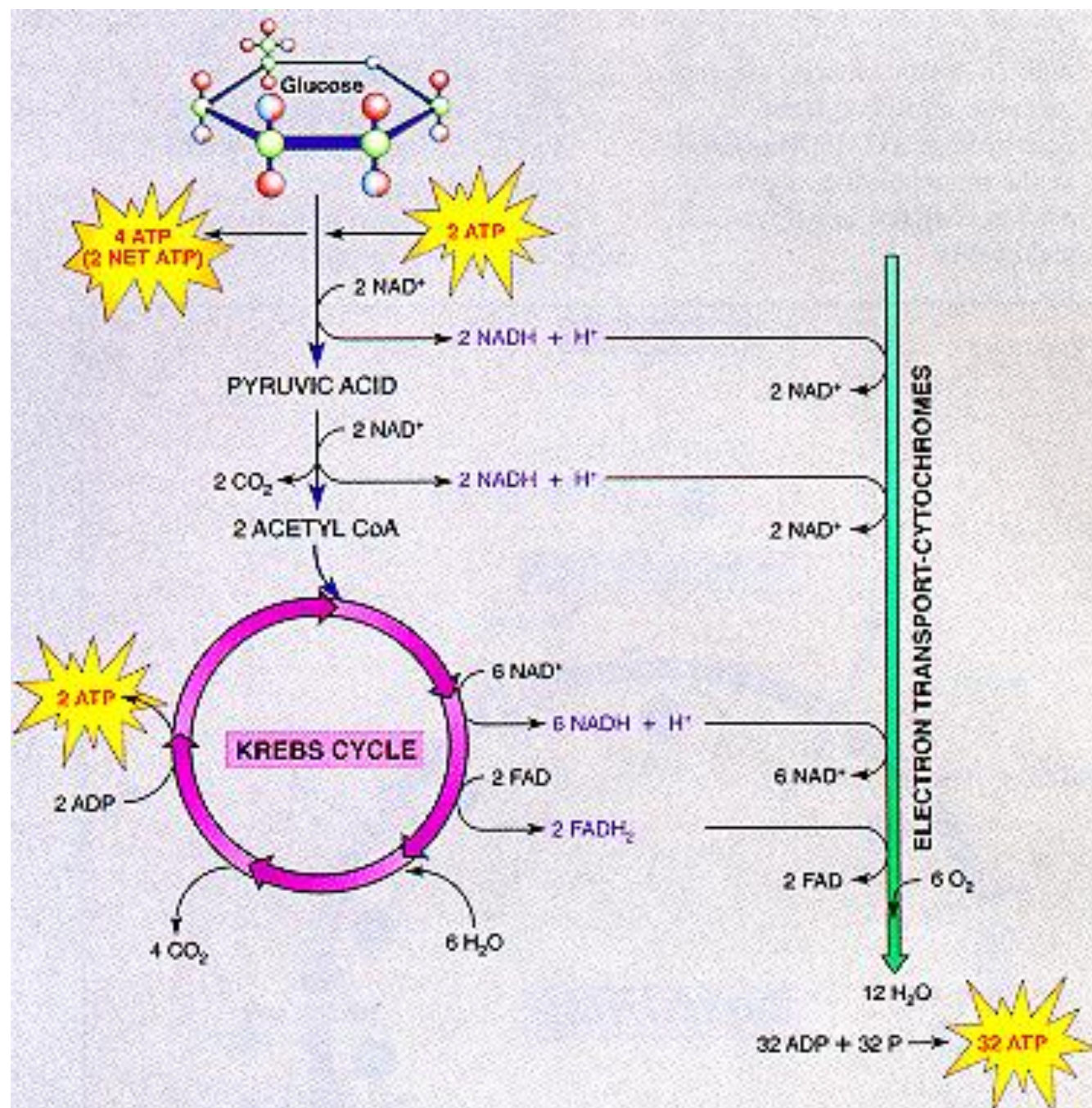
urea

urine

glutamic acid

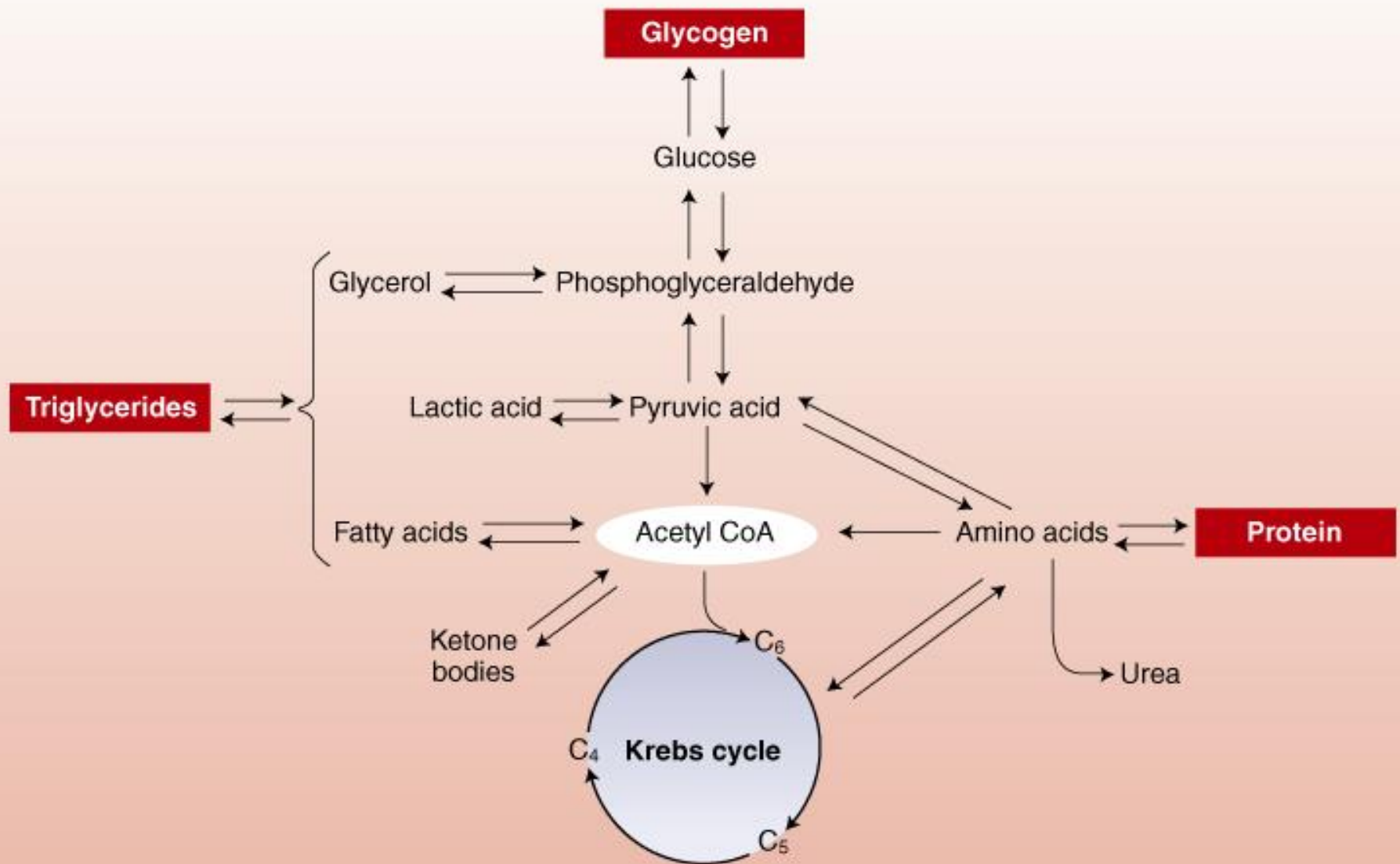






FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

*** VÍAS: *METABÓLICAS* ***



FUENTES ENERGÉTICAS: ATP

*** VÍAS: METABÓLICAS ***

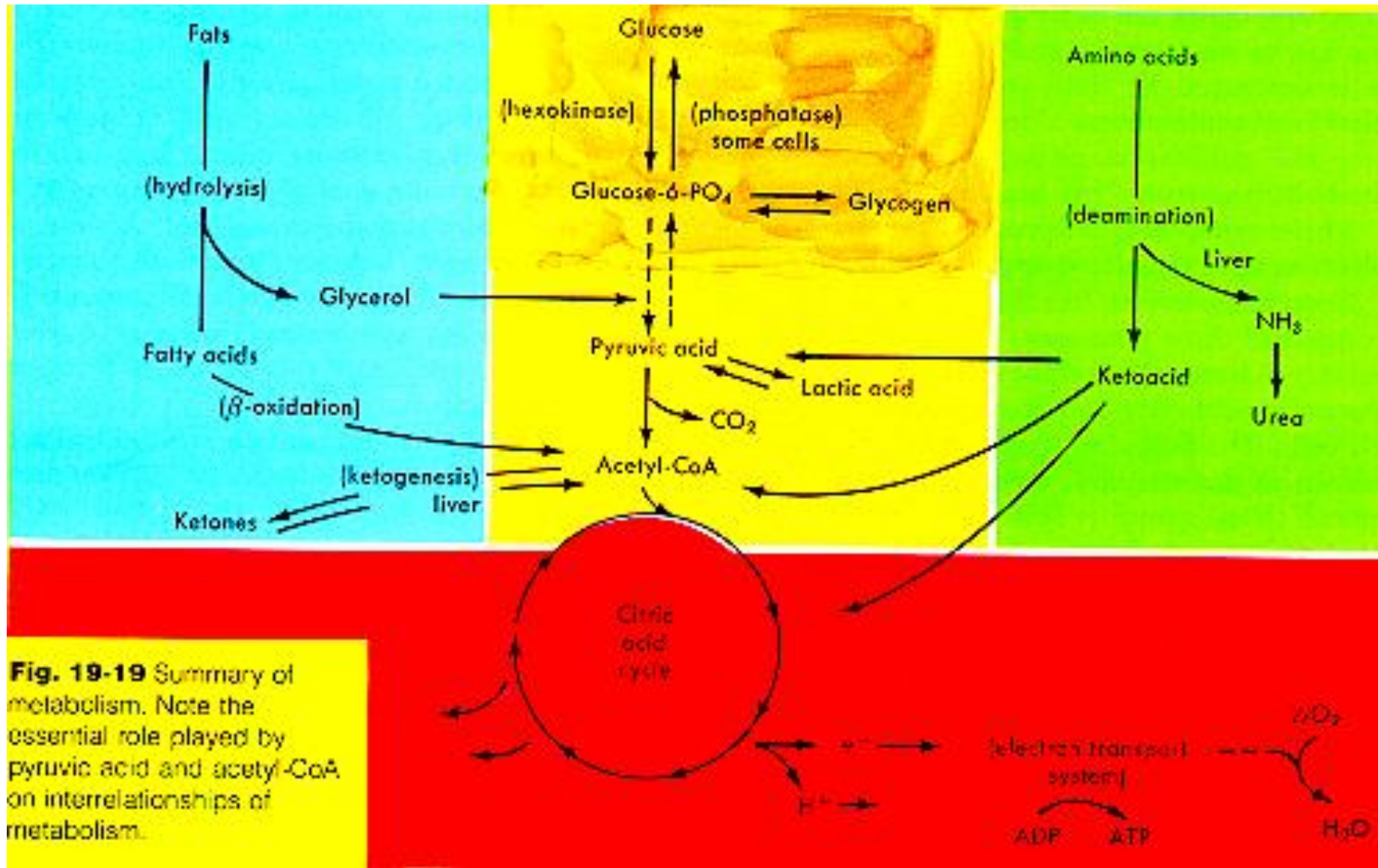
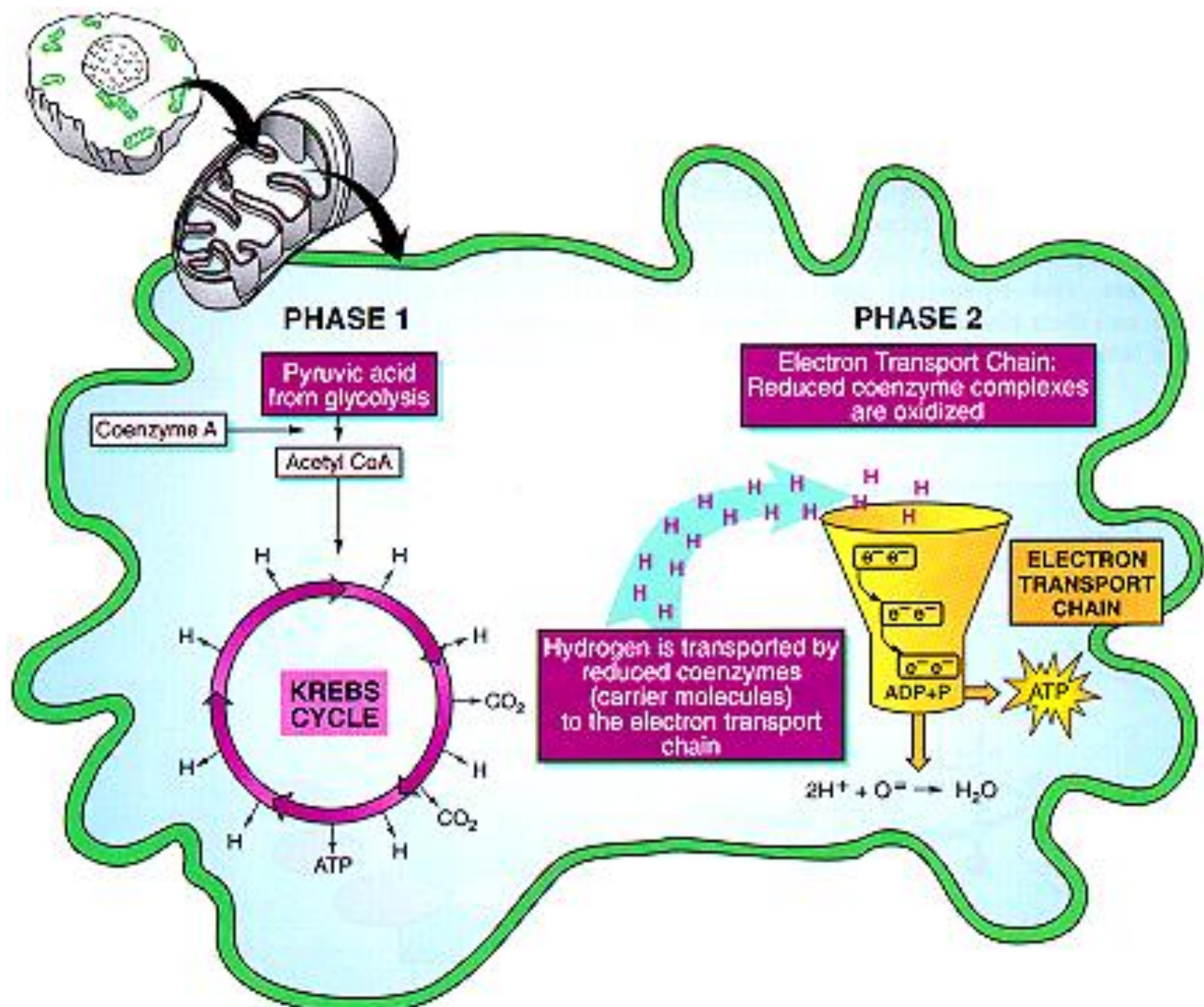


Fig. 19-19 Summary of metabolism. Note the essential role played by pyruvic acid and acetyl-CoA on interrelationships of metabolism.



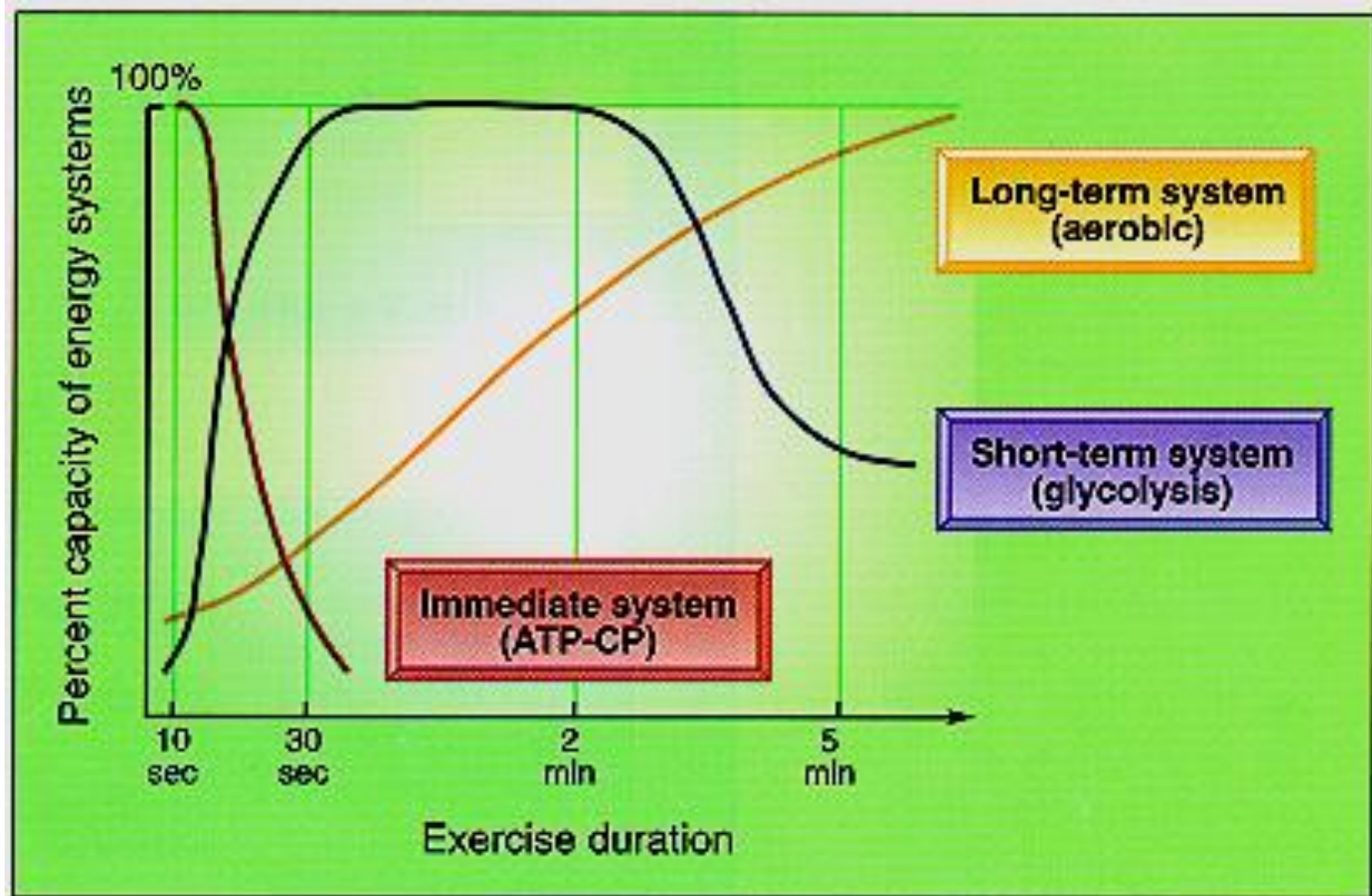


FIGURE 12-1. The three systems of energy transfer, and their relative degree of activation during all-out exercise of different durations.

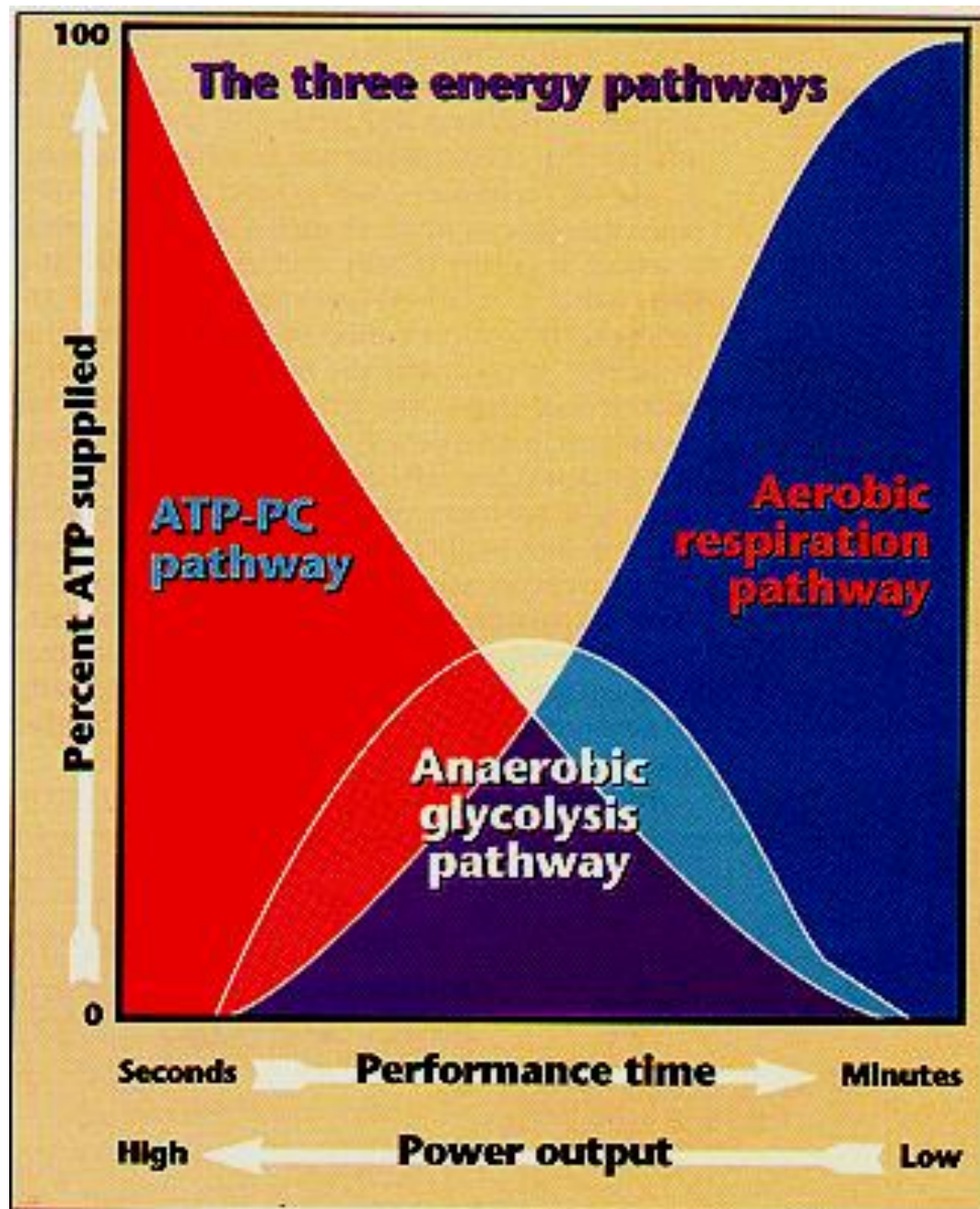
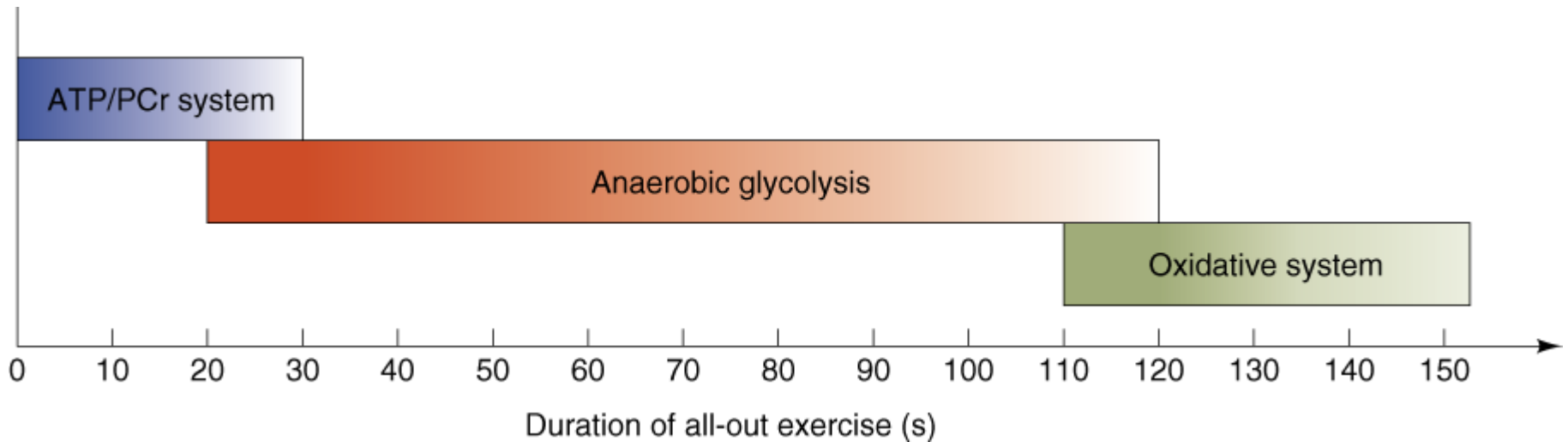
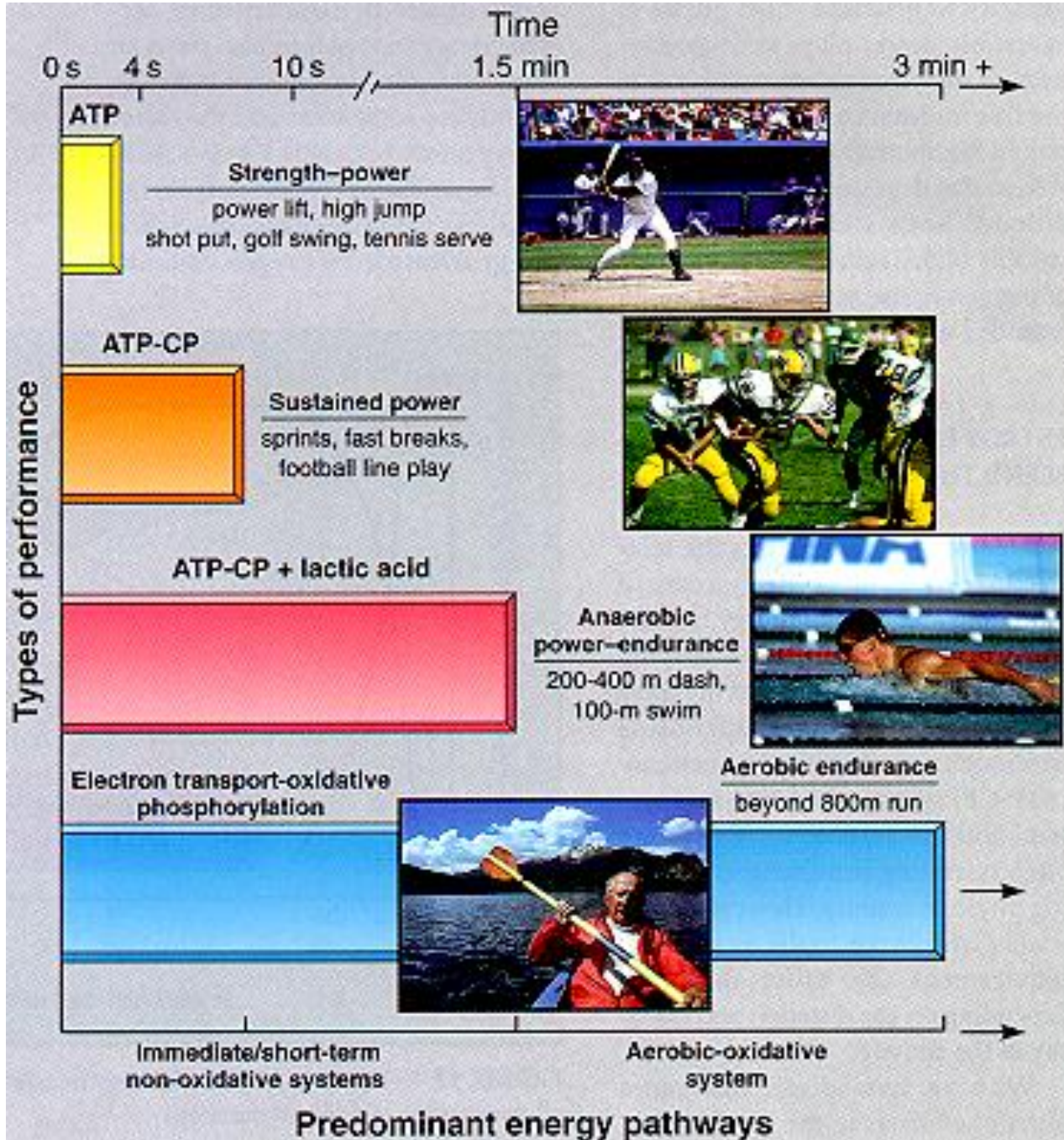


Figure 1. ATP contribution of the three metabolic pathways.

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

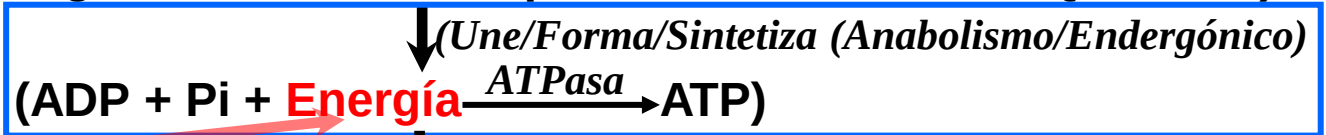
↓
Combustibles Metabólicos/Sustratos/Sustancias Nutricias/Nutrimentos
[Fosfocreatina (PCr), Glucosa, Glucógeno, Ácidos Grasos Libres, Aminoácidos]

Reacciones Acopladas

↓
Fosforilación

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

Reacción Acoplada



↓ (Se Crea ATP)

ATP

[Adenina + Ribosa + Tres Fosfatos (Pi)]



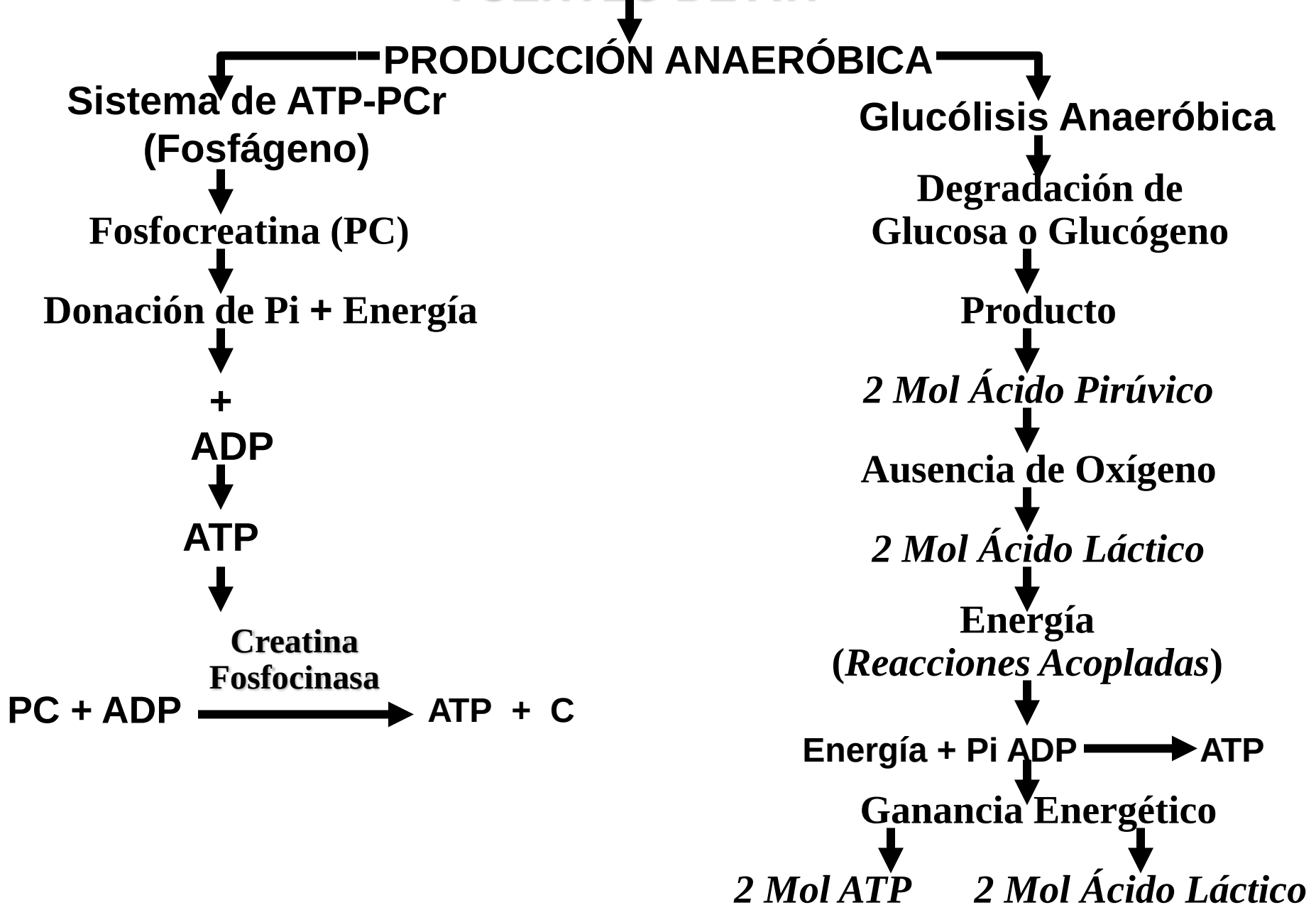
(también se puede)

Energía Libre

↓
Trabajo Biológico (Ejemplo) → Contracción Muscular

Reciclar para
formar ATP

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

↓ (Unir/Formar/Sintetizar (Anabolismo/Endergónico))
(Creatina + Pi + **ENERGÍA** $\xrightarrow{CK}$ PCr)

↓
Fosfocreatina (PCr)

↓ (Catabolismo)

Forma

↓ (Anabolismo)

ATP

↓ (Catabolismo)

ENERGÍA Libre



**Contracción
Muscular**

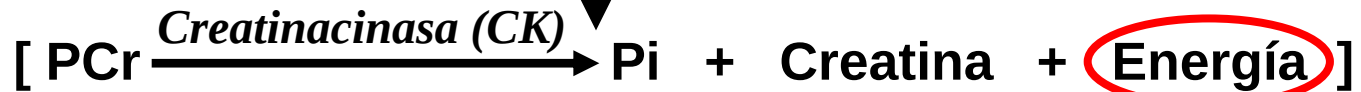
SISTEMA DE: *ATP-PCr*

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

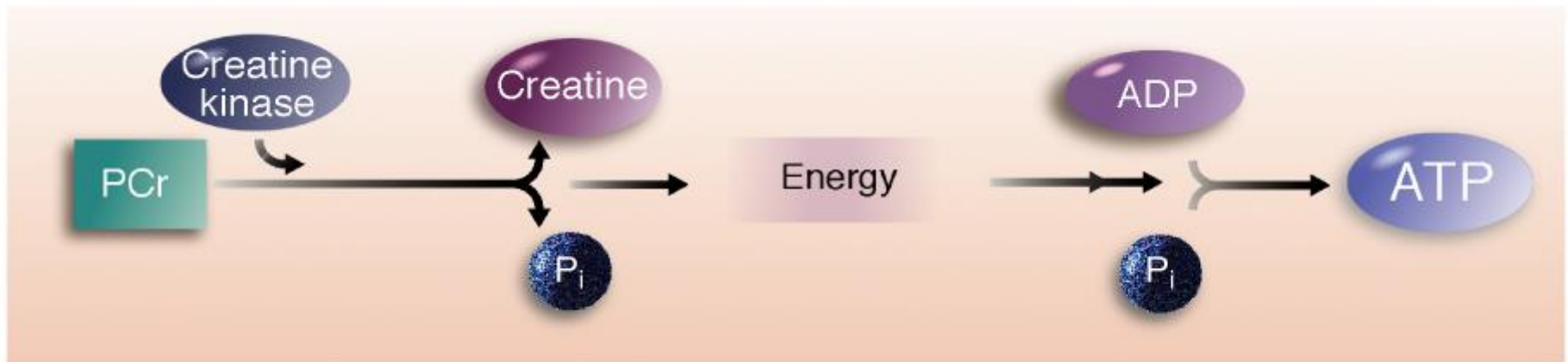


Energía Libre

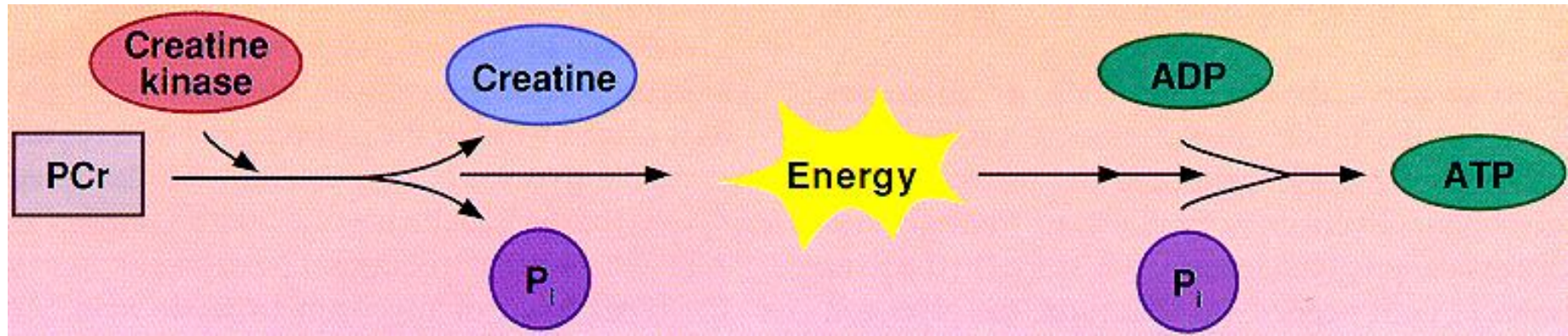
Trabajo Biológico

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

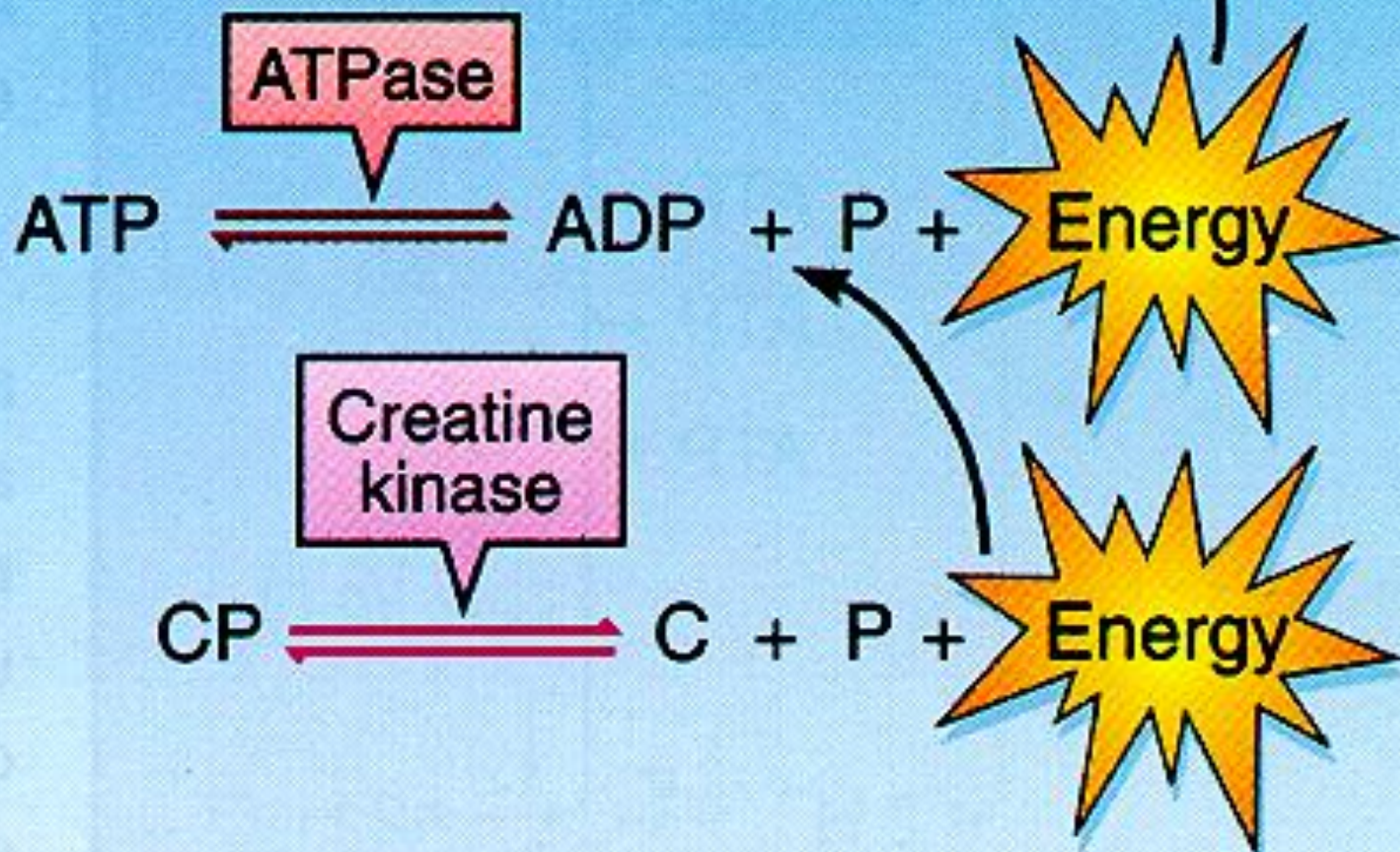
RESTAURACIÓN DEL ATP: *ENERGÍA DERIVADA DE LA PCr*



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



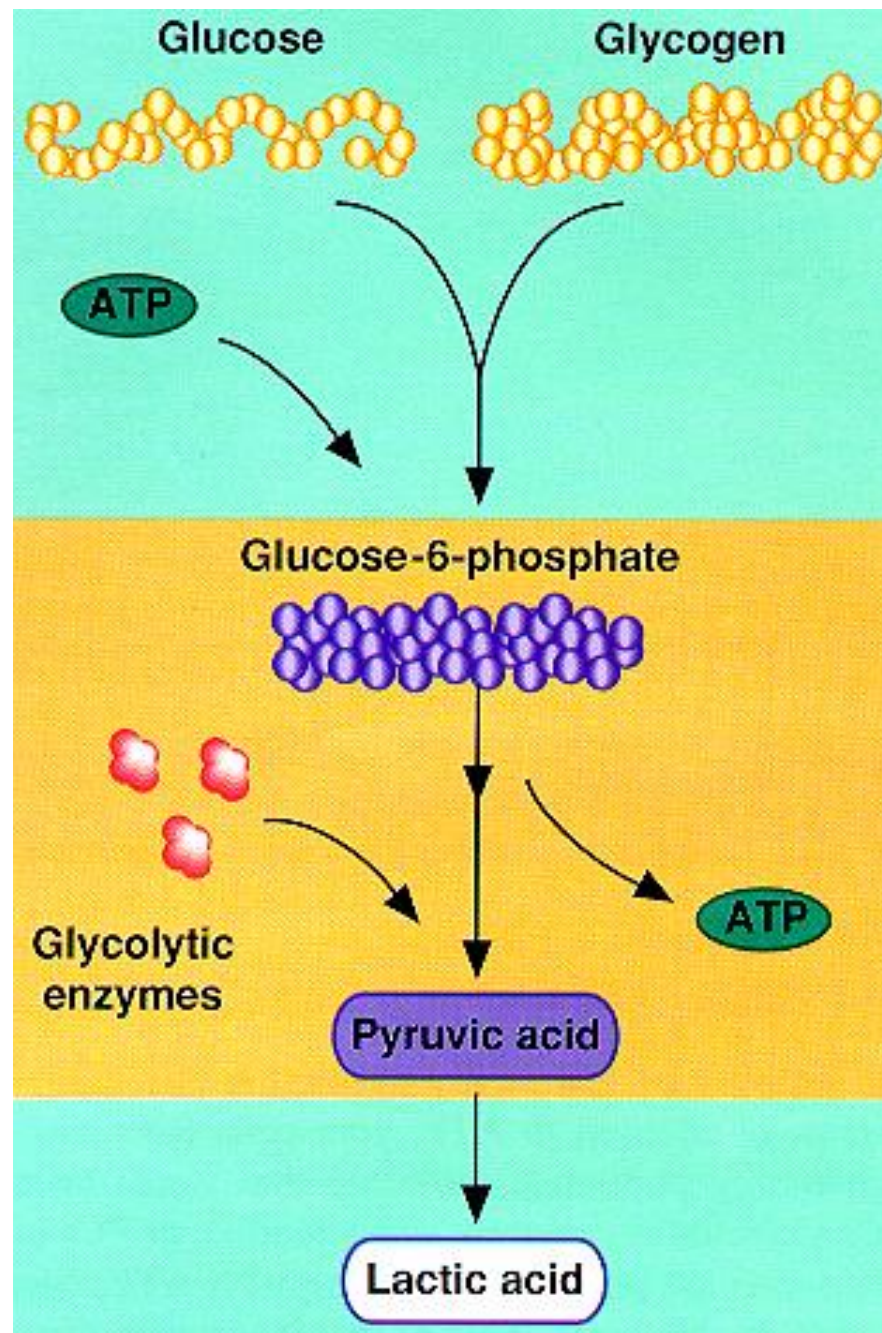
Glucólisis
***(Descomposición/Lisis de la Glucosa
mediante Enzimas Glucolíticas)***

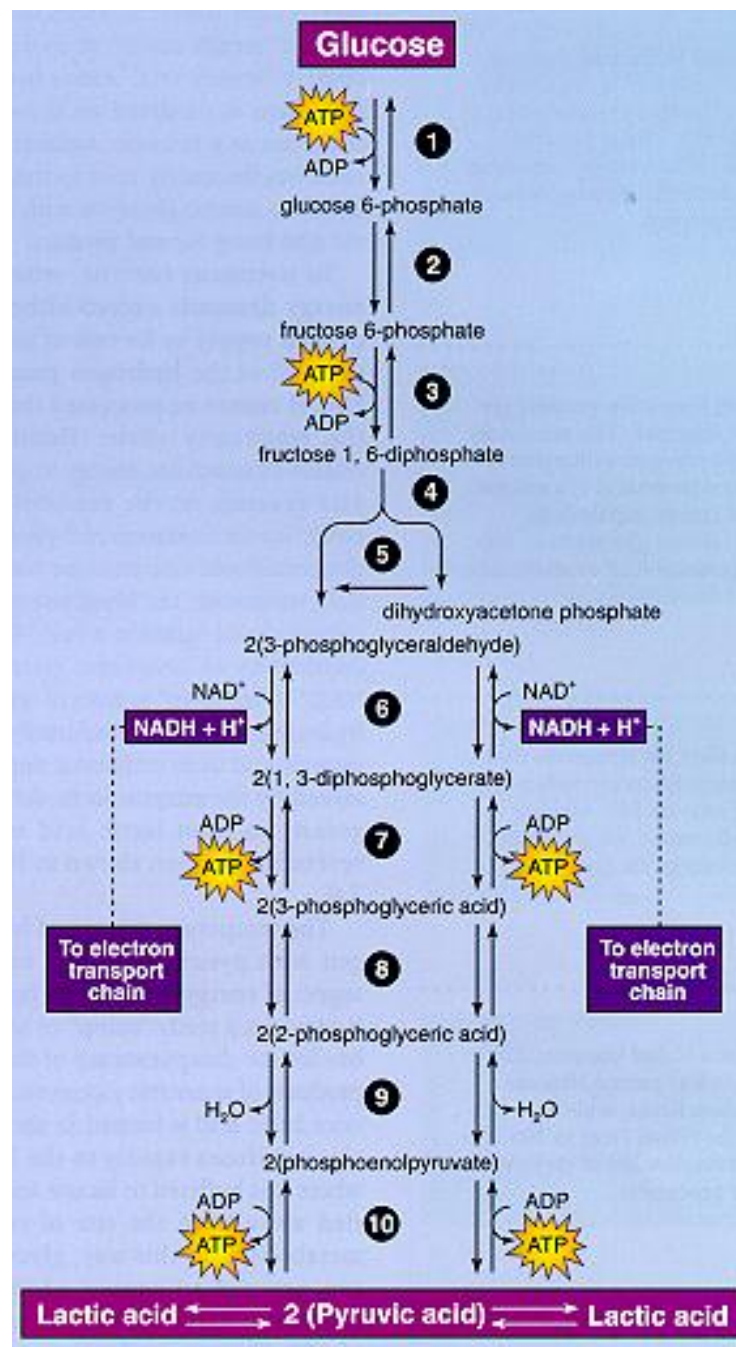


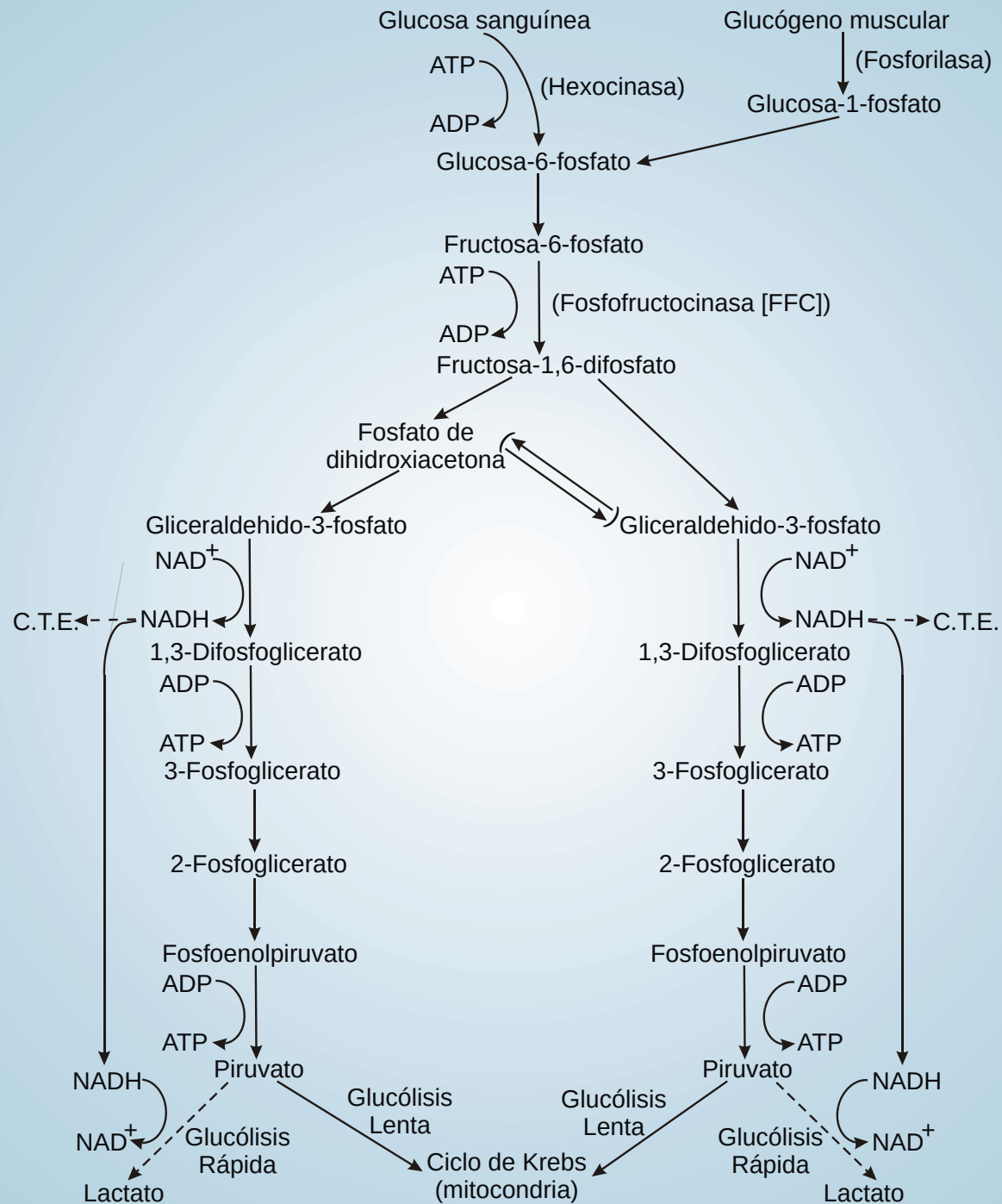
Forma
(Vía Reacciones Acopladas)



ATP







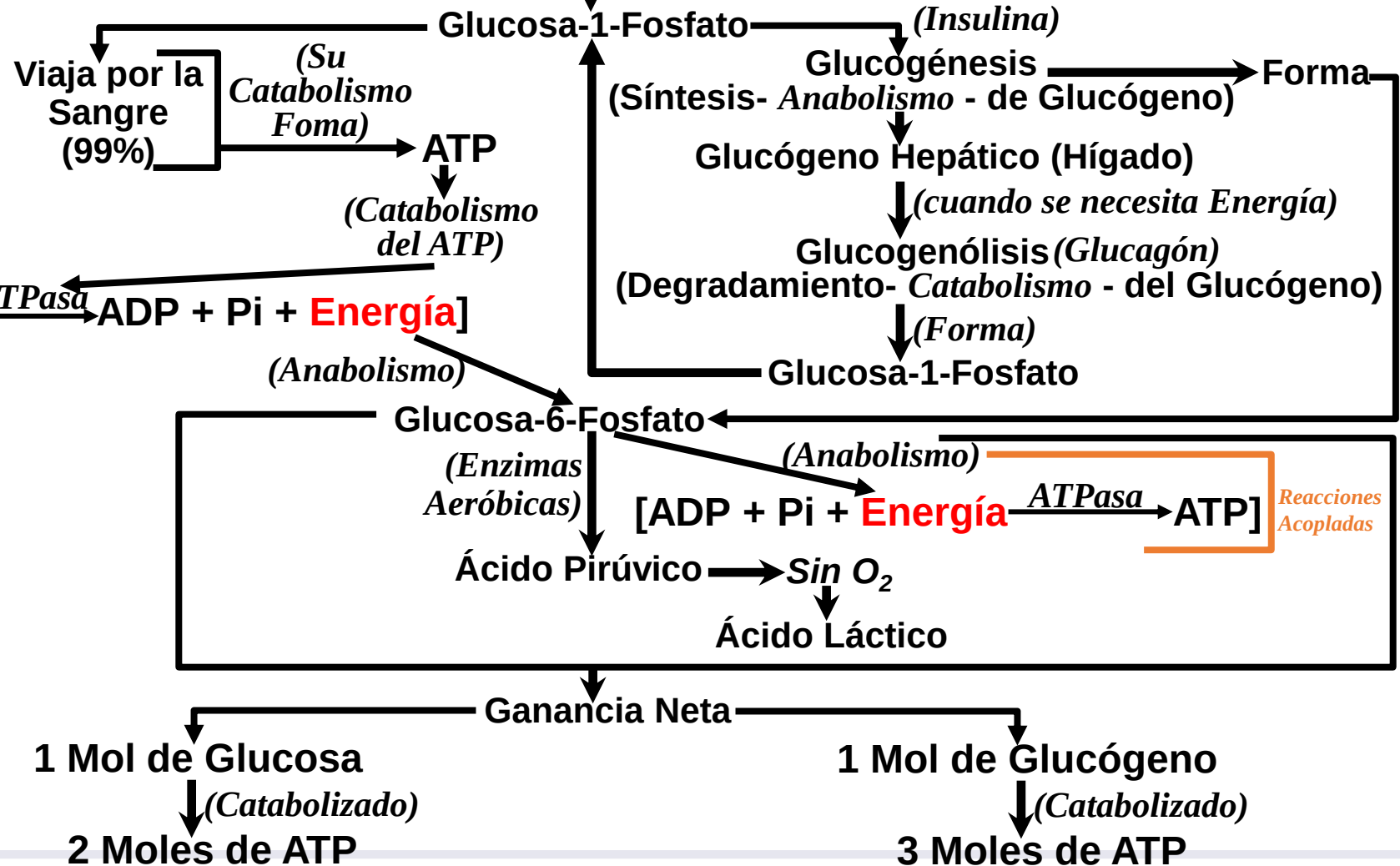
Ejercicios de Intensidad Elevada (Anaeróbicos) (Ej: Velocidad – 100 m)

Primeros Minutos (1 - 3 minutos)

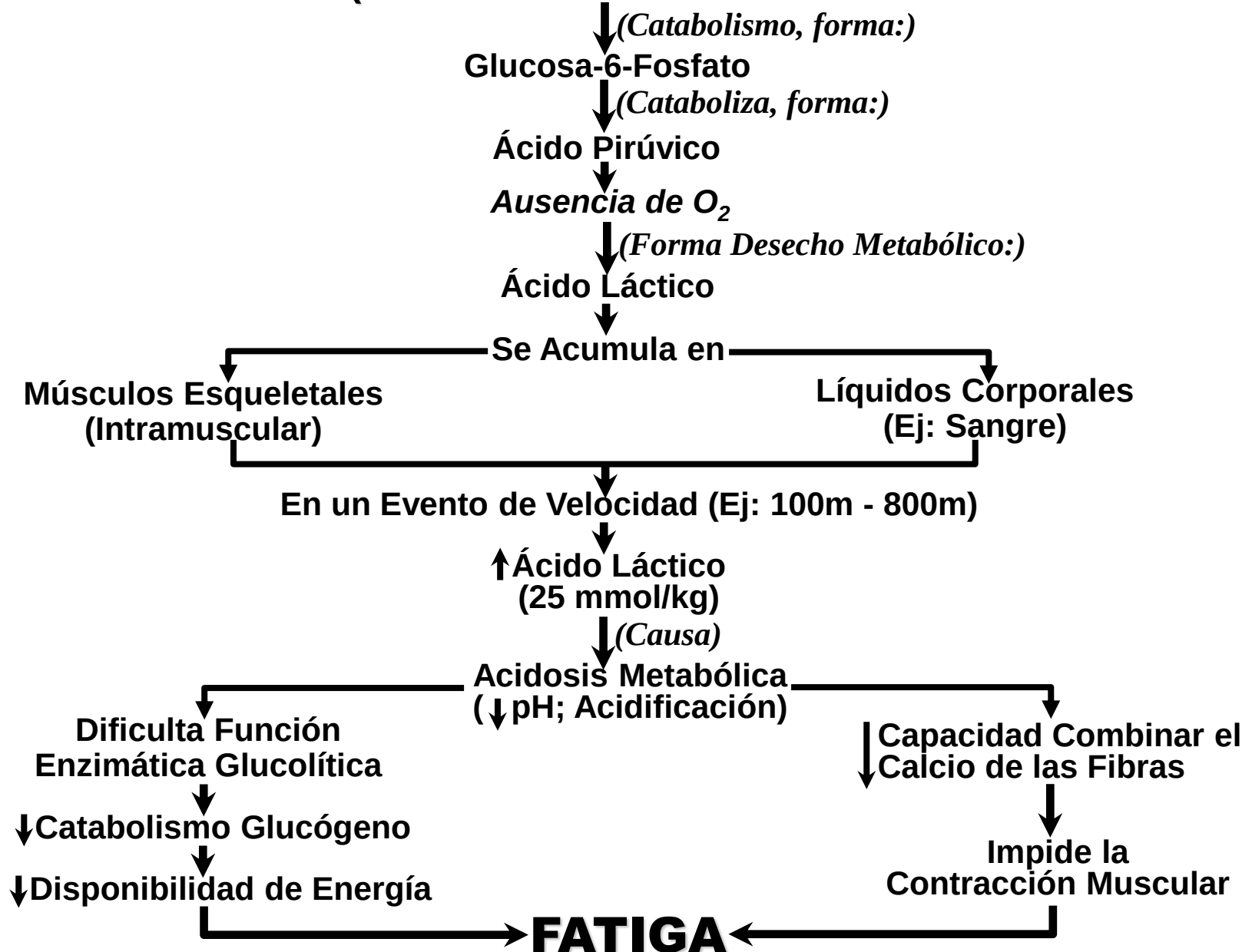
Alimentos (CHO)

(Se Digieren y Catabolizan)

Forma/Sintetiza (Anabolismo)



SISTEMA GLUCOLÍTICO (GLUCÓLISIS ANAERÓBICA)



SISTEMA GLUCOLÍTICO

GLUCÓLISIS ANAERÓBICA

↓
Ácido Láctico
($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)

↓ (*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 %



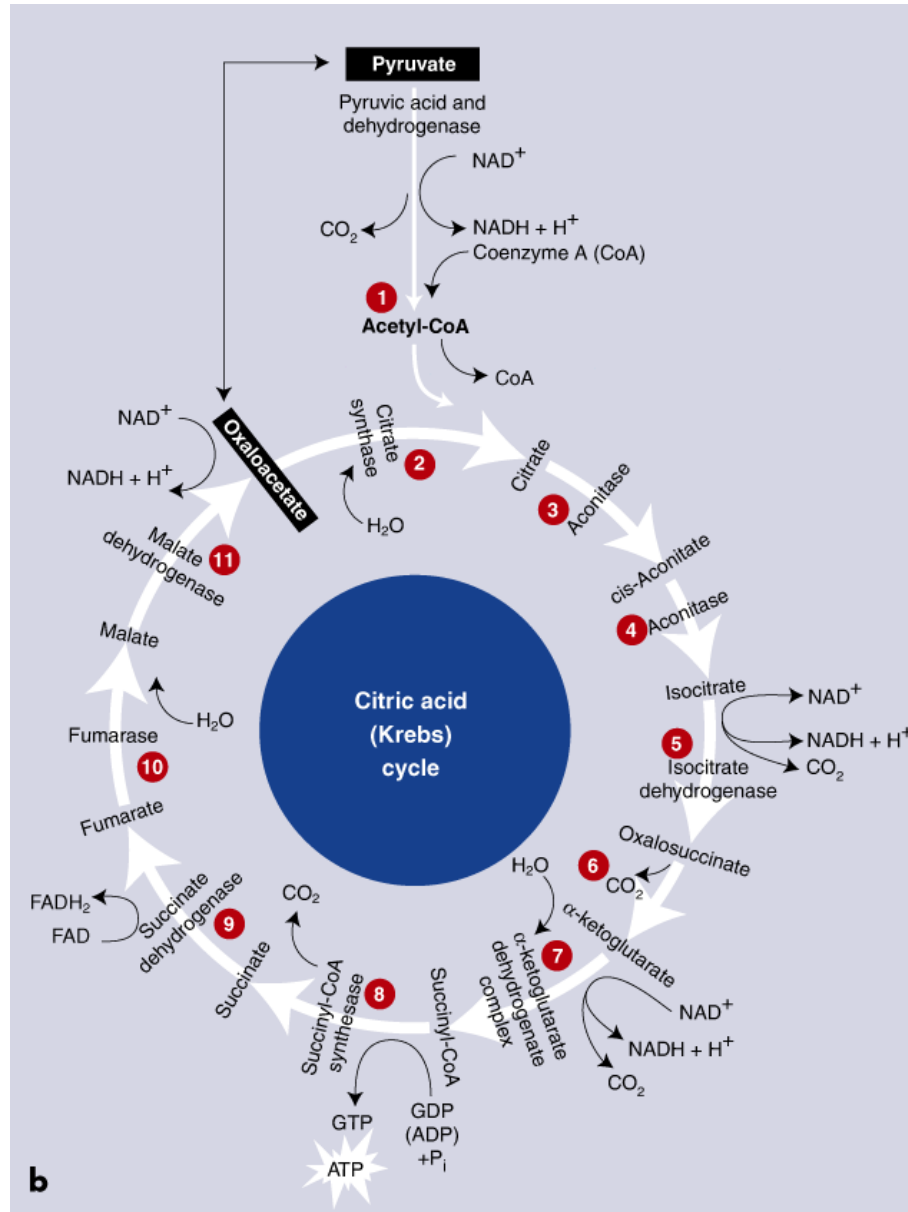
**Capturada para Formar
ATP**

60 %



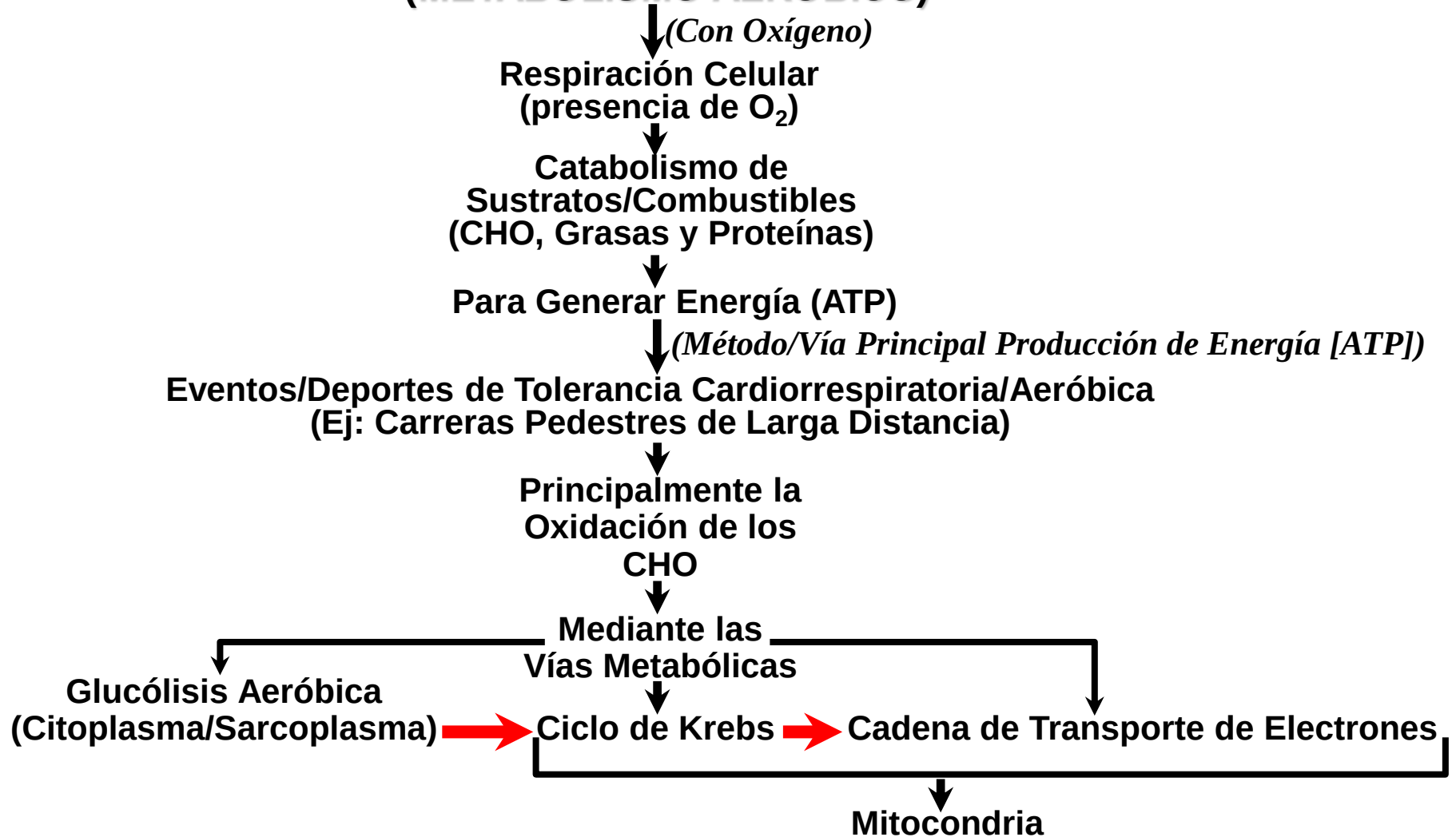
**Disipada como
Calor**

CICLO DE KREBS

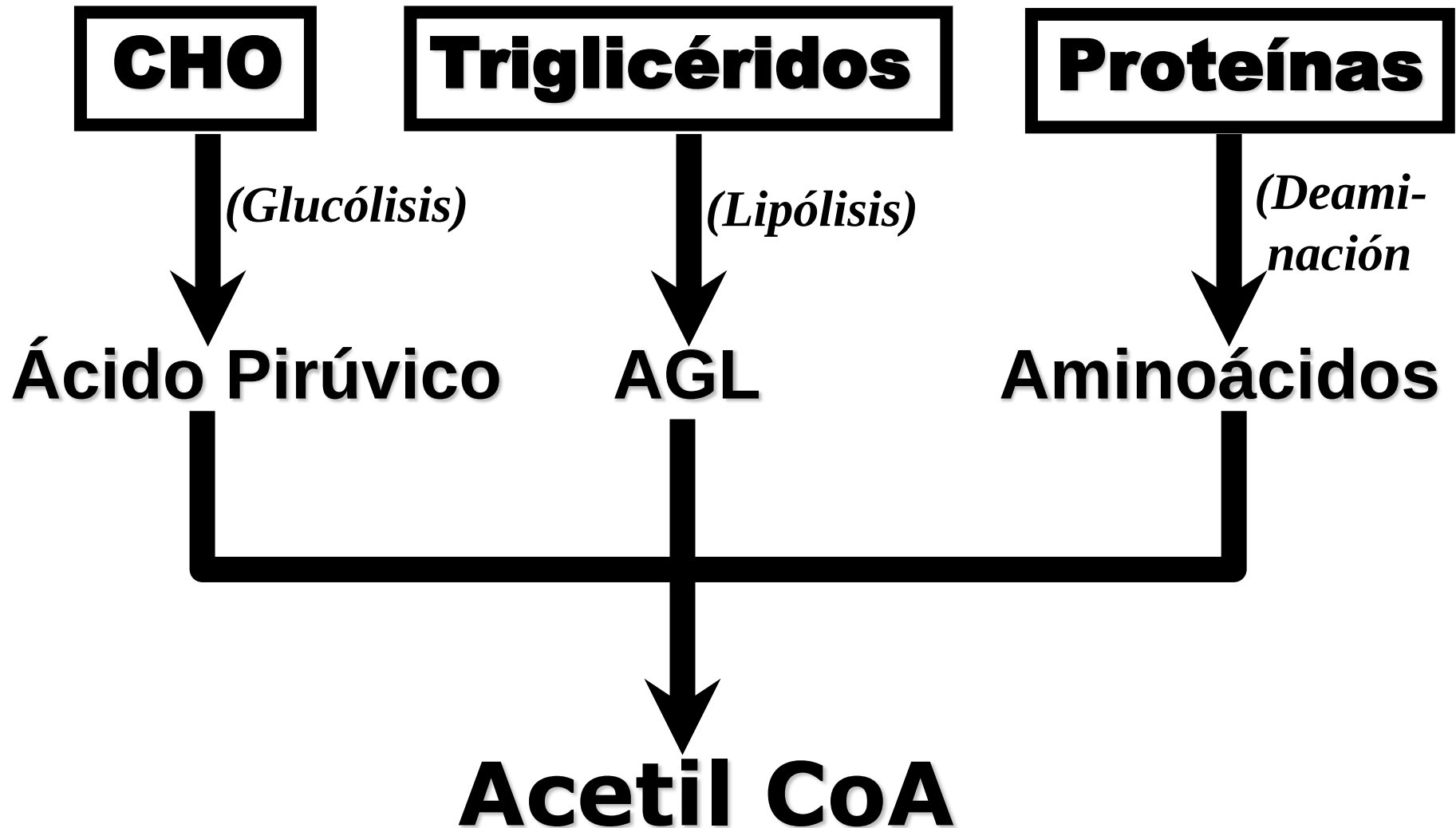


SISTEMA OXIDATIVO

SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)

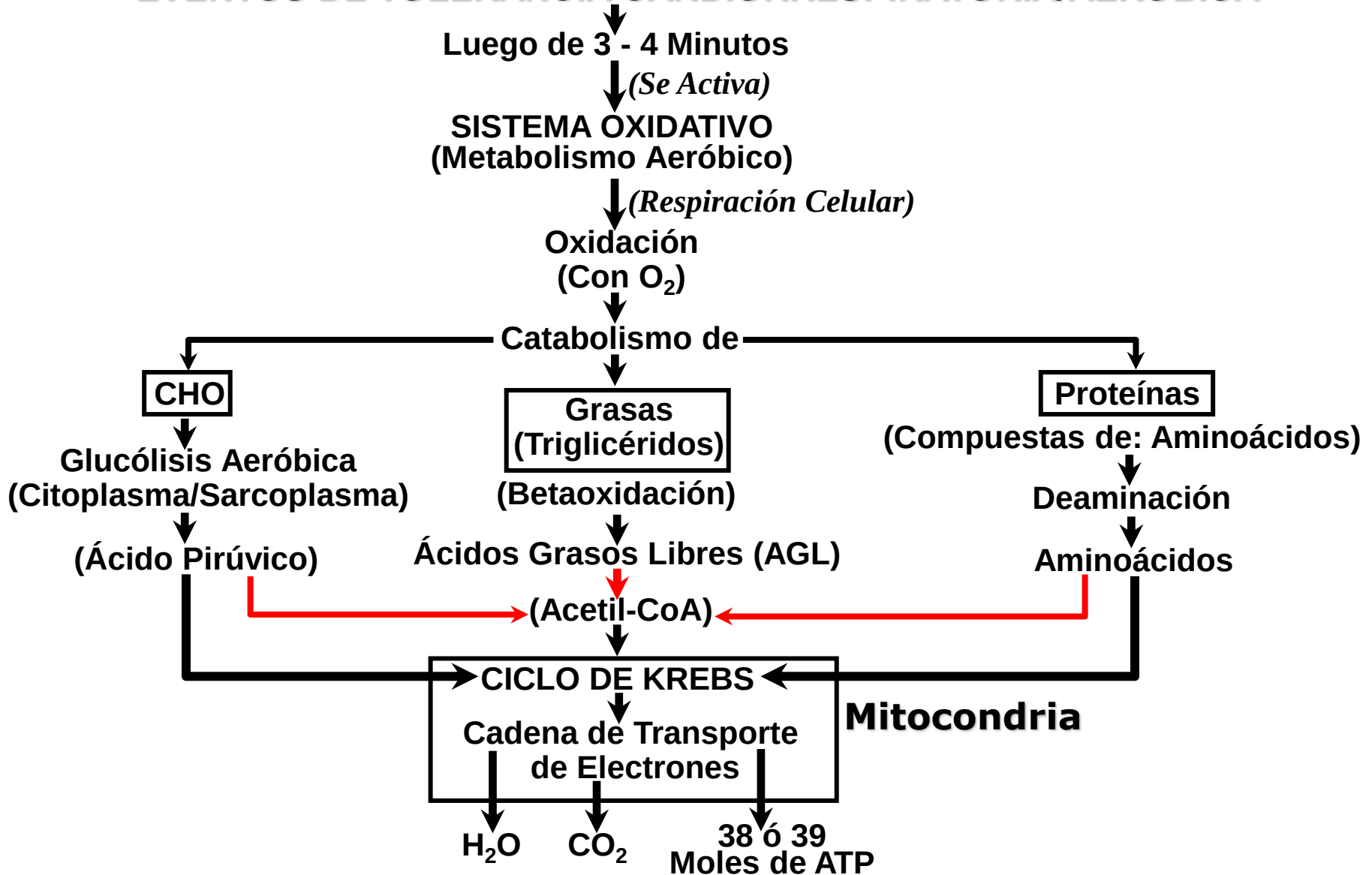


SISTEMA OXIDATIVO

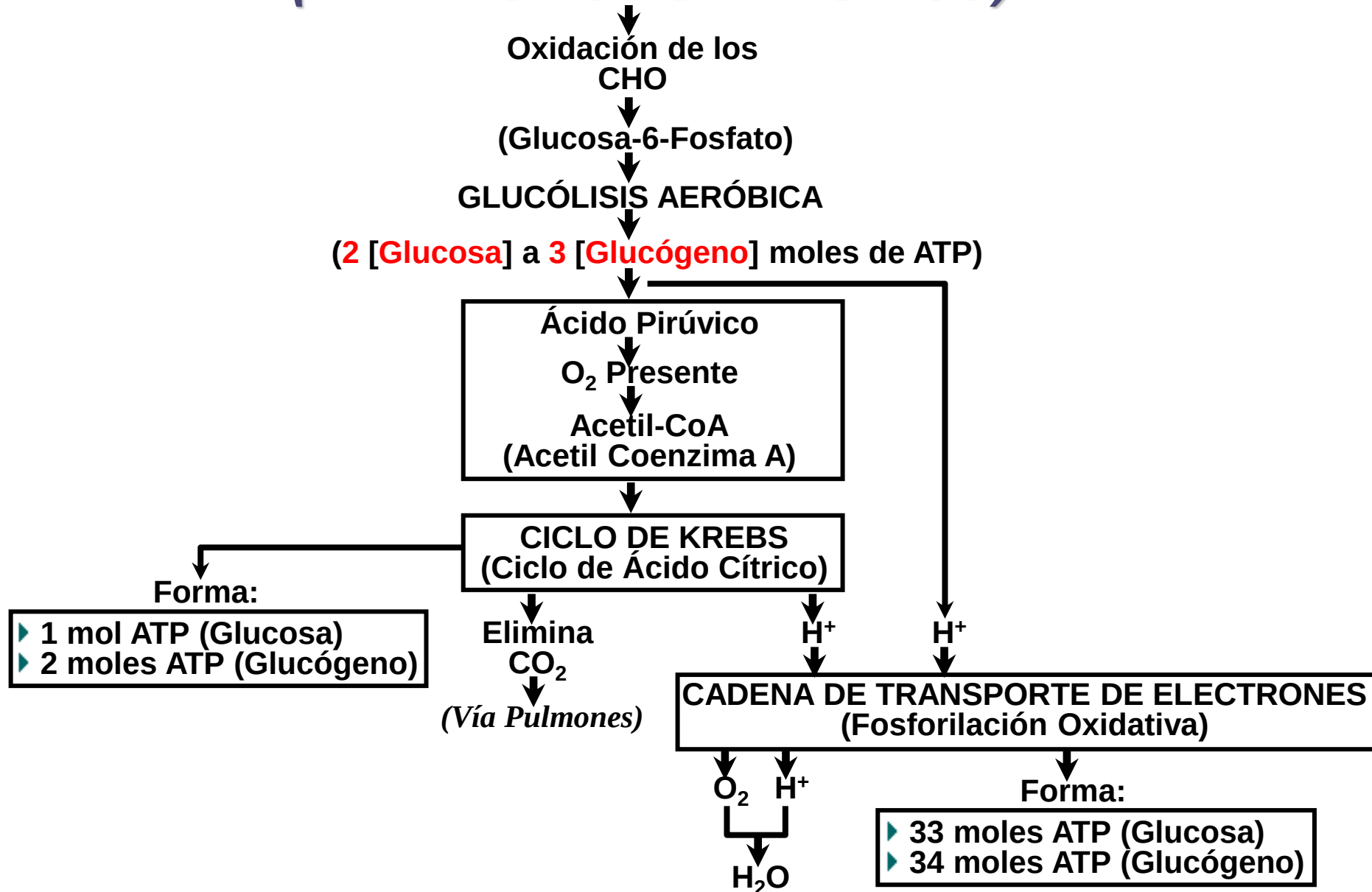


SISTEMA OXIDATIVO

EVENTOS DE TOLERANCIA CARDIORRESPIRATORIA/AERÓBICA



SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)



SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)

GLUCÓLISIS AERÓBICA CICLO DE KREBS



(Se combinan con: Coenzimas:)

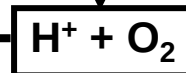
► Nicotinamida-Adenodinucleótida (NAD)
► Flavoadenindinucleótida (FAD)

(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)

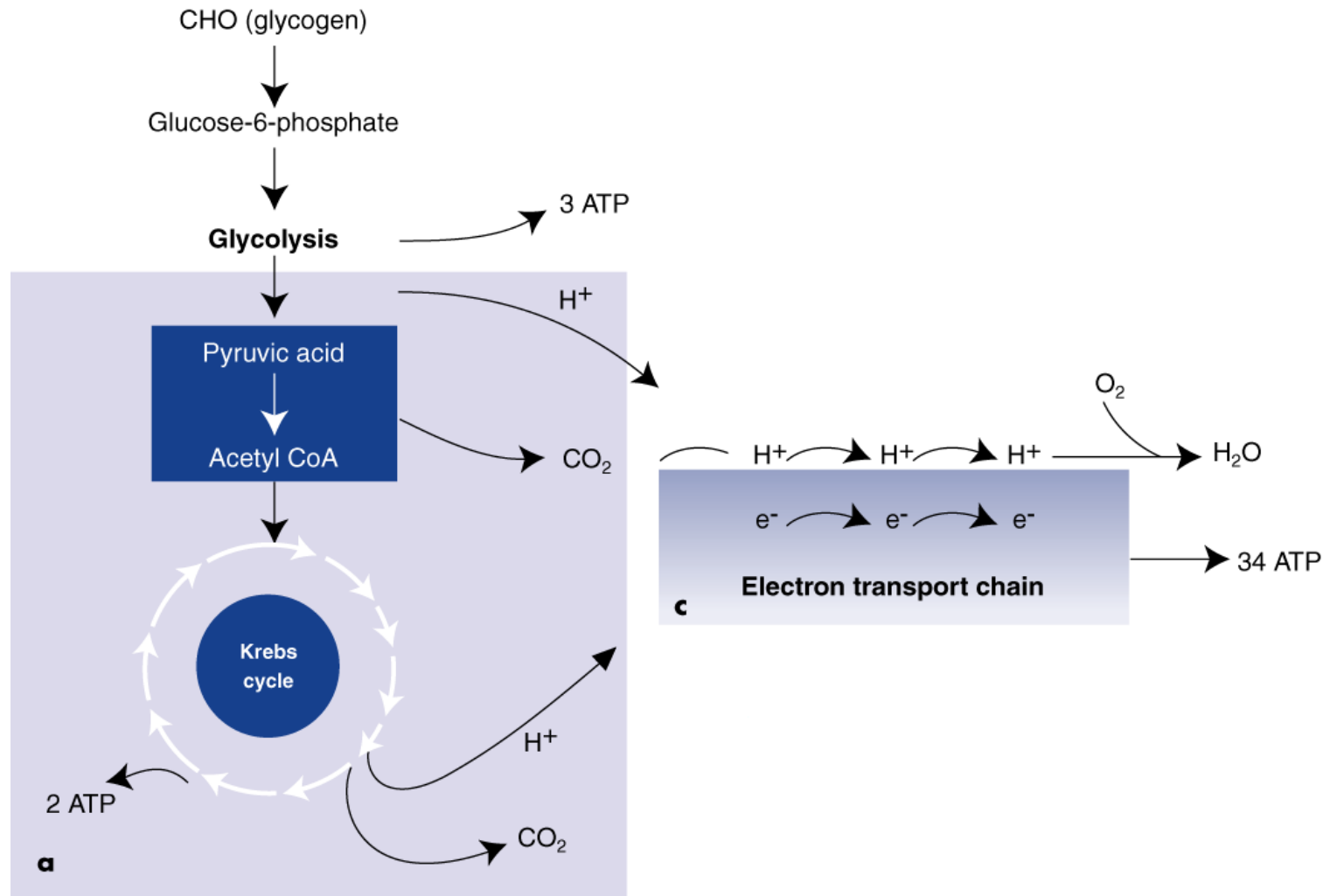
Electrones Separados del
 H^+

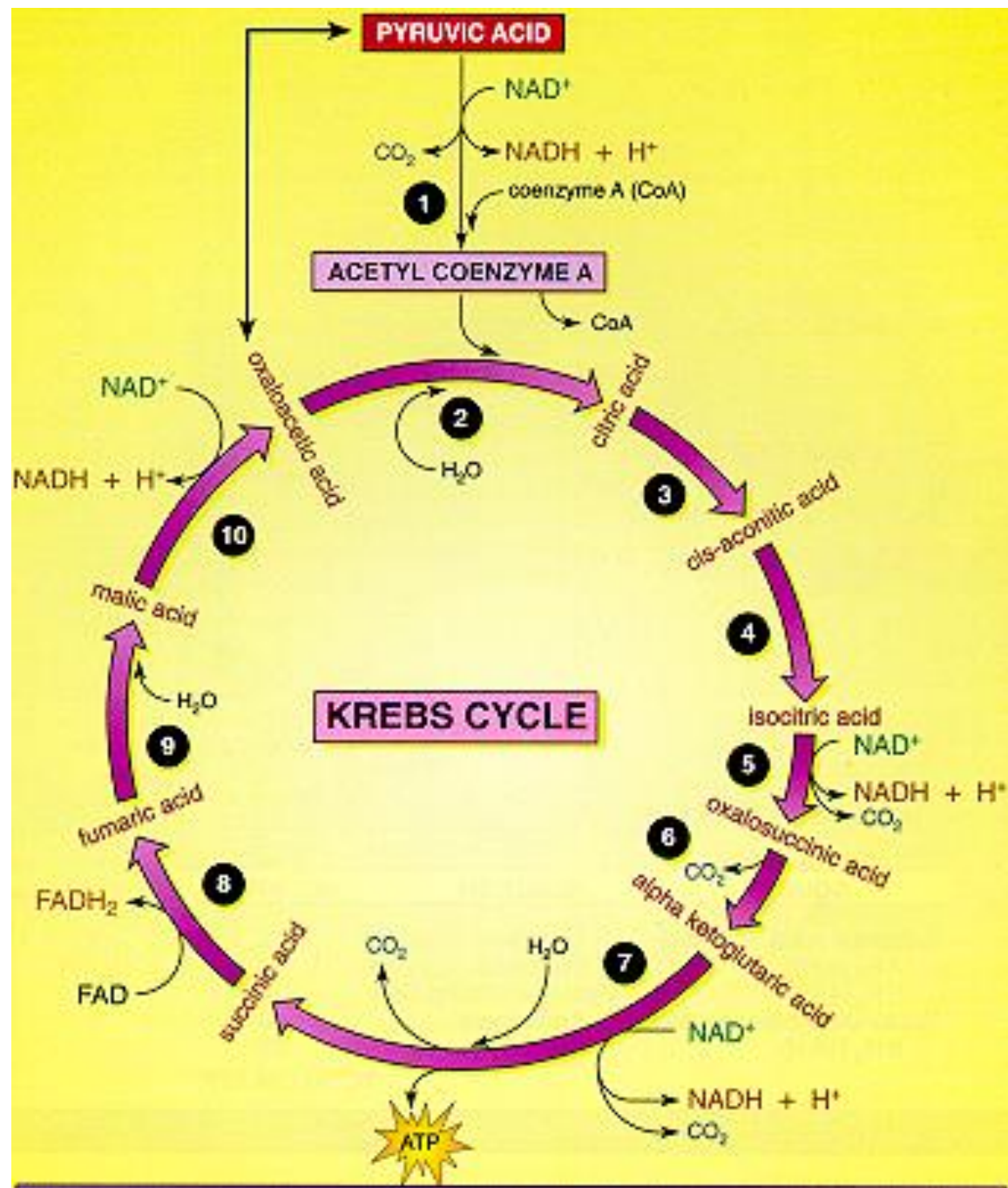
Pasan por Serie de Reacciones

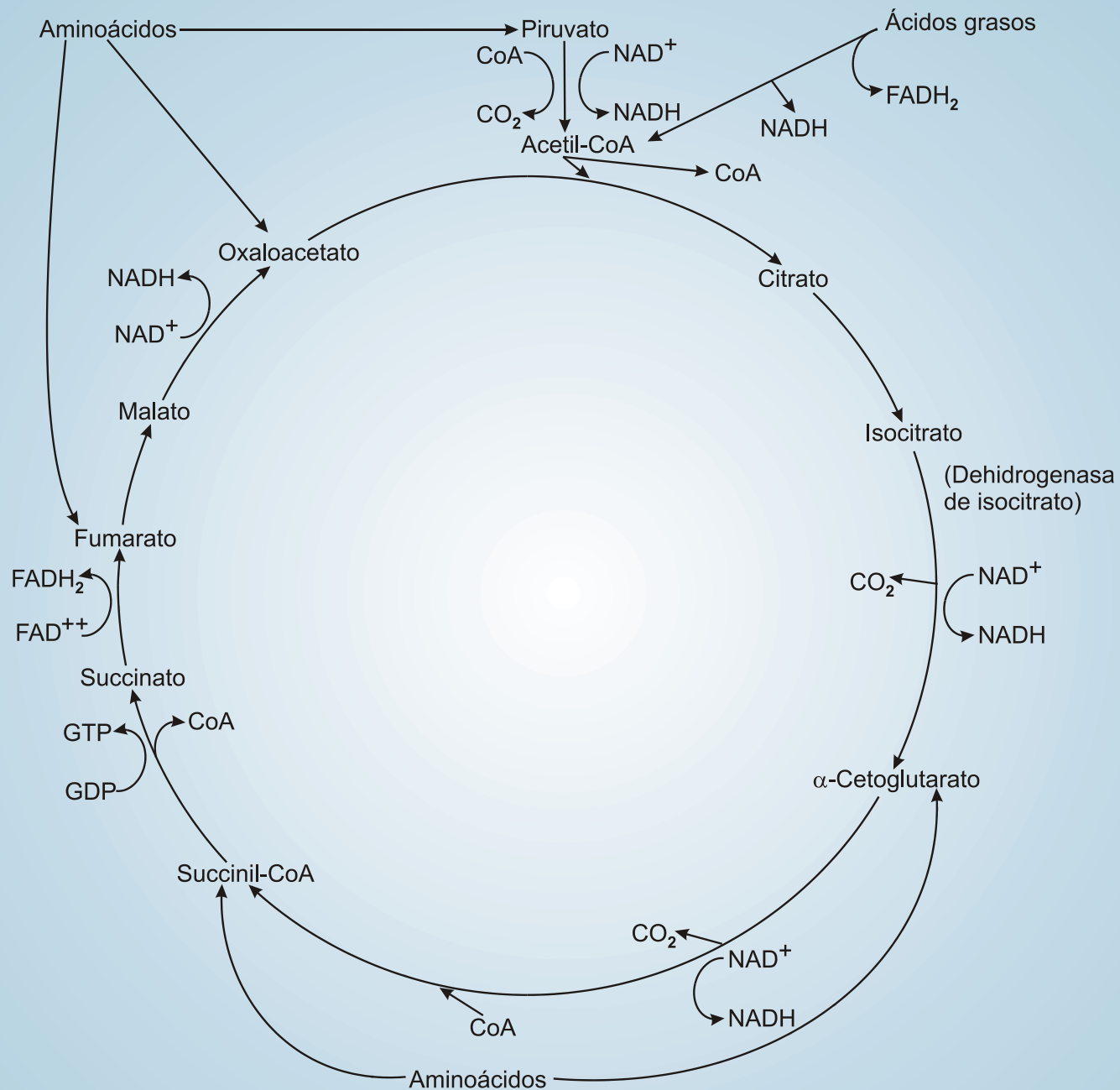
Energía para

Fosforilación de ADP → ATP
(Fosforilación Oxidativa)

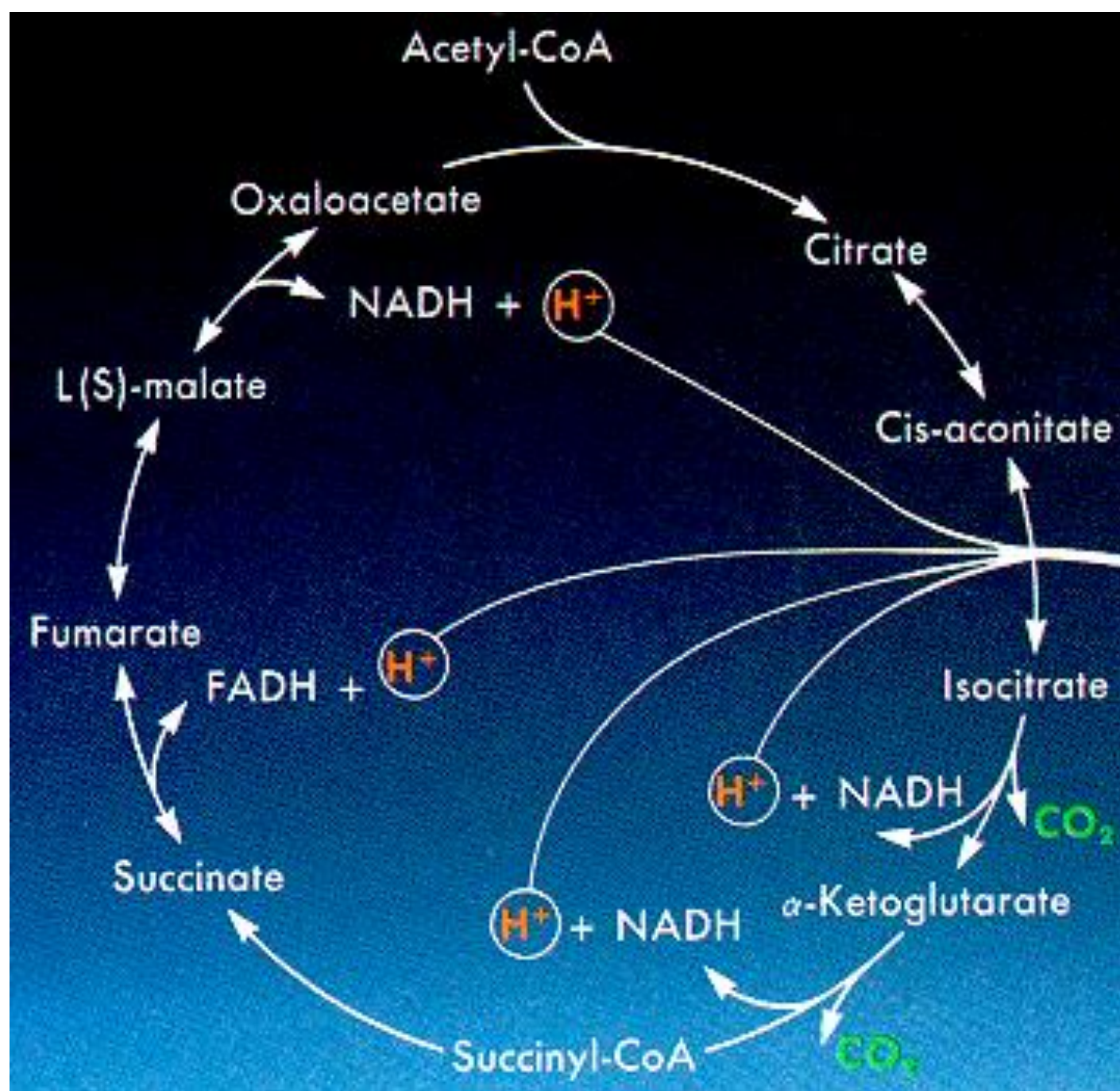
GLUCÓLISIS AERÓBICA Y LA CADENA DE TRASNPORTE DE ELECTRÓNES







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)**

Glucólisis Aeróbica → **Ciclo de Krebs** → **Cadena de Transporte de Electrones**

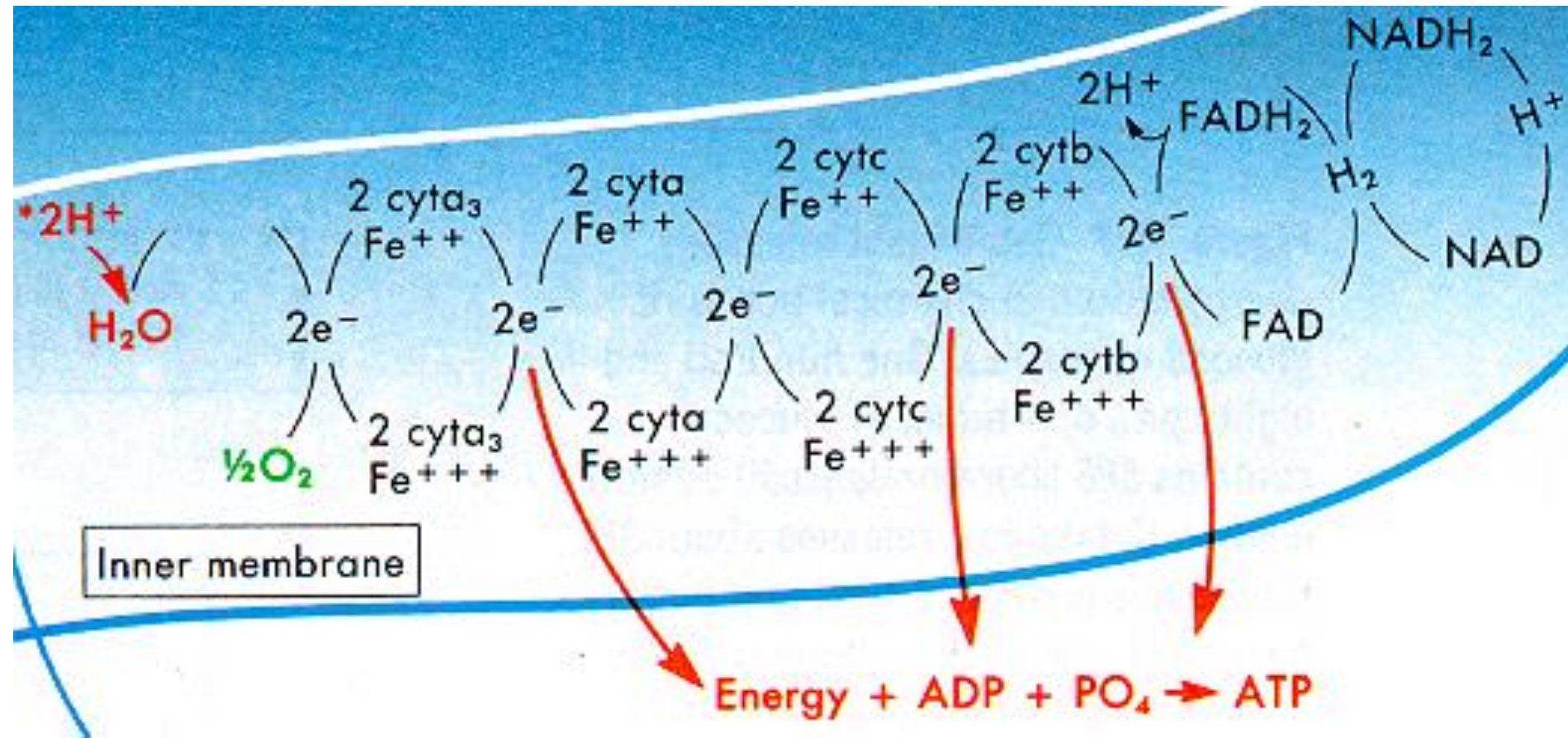
Producción Neta/Total de Energía (ATP)
a partir de
CHO

▶ **Glucógeno** → **39 Moléculas de ATP**

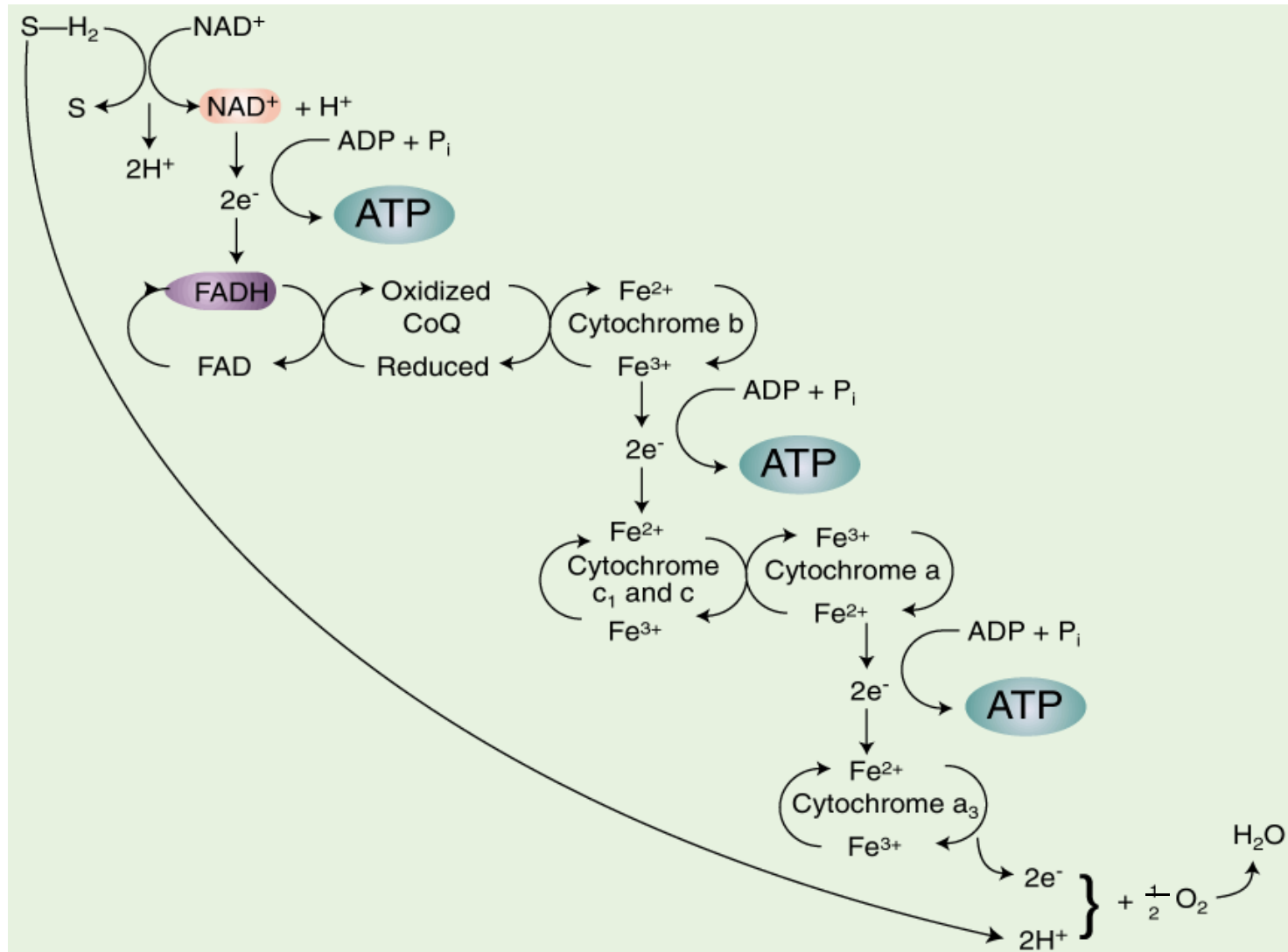
▶ **Glucosa** → **38 Moléculas de ATP**

(1 mol ATP *(Usado para convertirse en)* **Glucosa-6-Fosfato)**

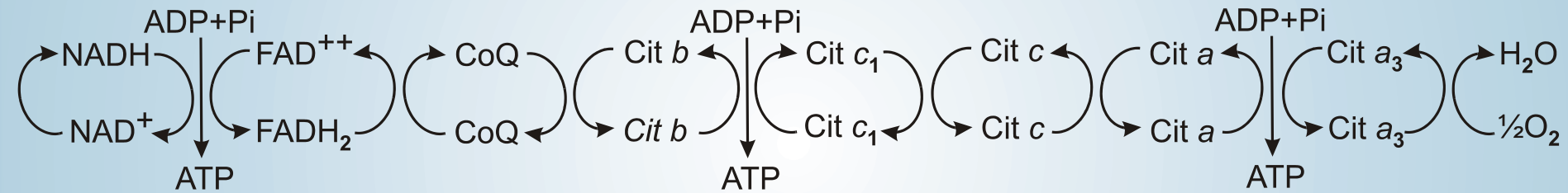
CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)



CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)

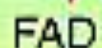
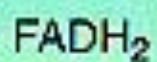
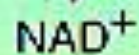
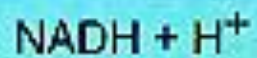


CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)



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

Higher potential energy



Cytochrome

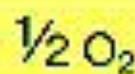
Cytochrome

Cytochrome

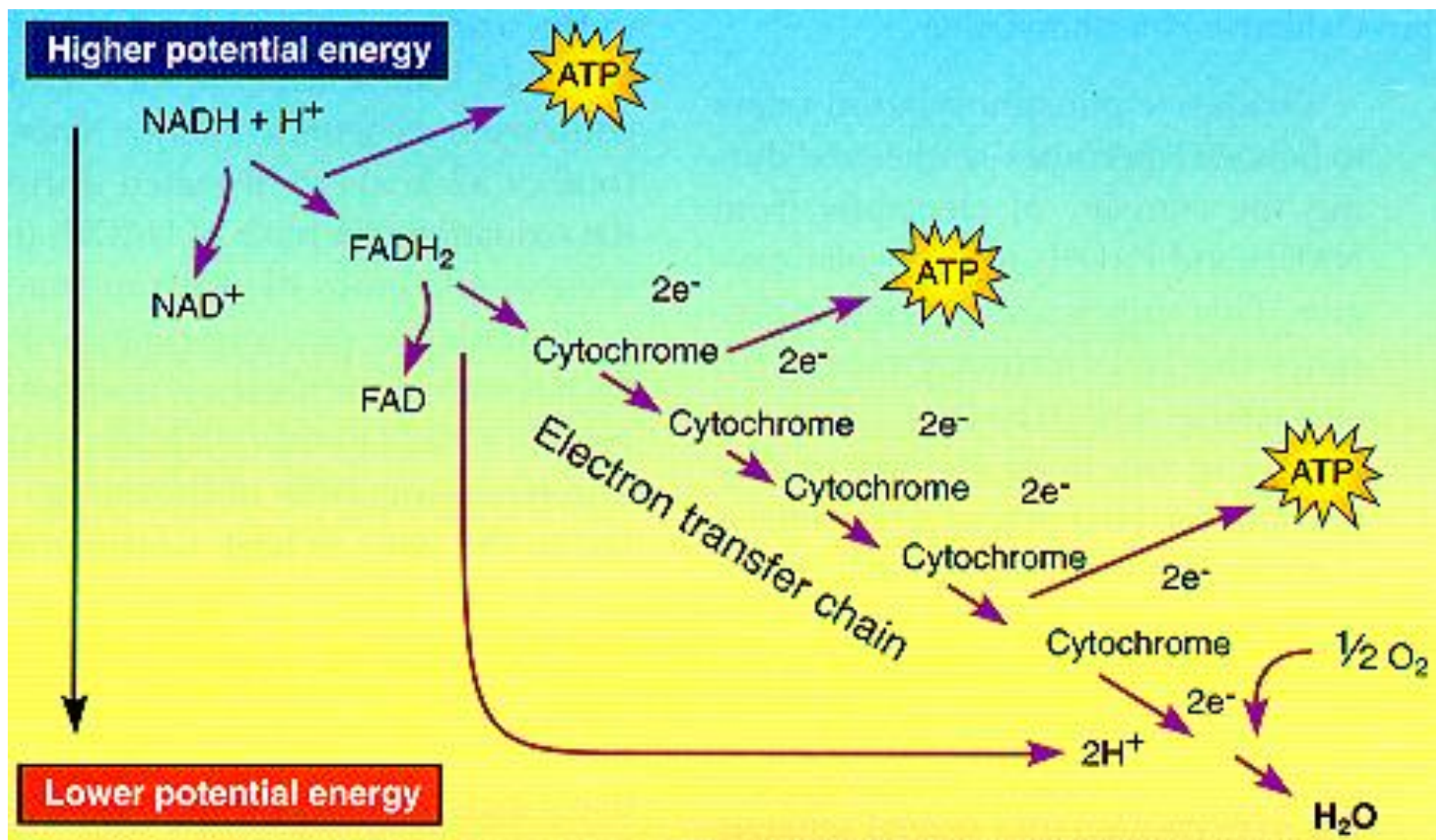
Cytochrome

Cytochrome

Electron transfer chain



Lower potential energy



**Phosphorylated
substrate**



**Electron transport
chain**

ATP ←

ATP ←

ATP ←

