



METABOLISMO – *BIOQUÍMICA*:

METABOLISMO CELULAR:

Fuentes Bioquímicas y Transferencias de Energía durante el Ejercicio Agudo



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

 Web: <http://www.saludmed.com/>

 E-Mail: elopategui@intermetro.edu
elopateg@gmail.com

 Curso: <http://www.saludmed.com/fisiologiaejercicio/fisiologiaejercicio.html>



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.



BIOENERGÉTICA: *CONCEPTOS BÁSICOS*

*** *Energía* ***

Definición

La Capacidad para Desempeñar Trabajo

NOTA. Adaptado de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 116), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



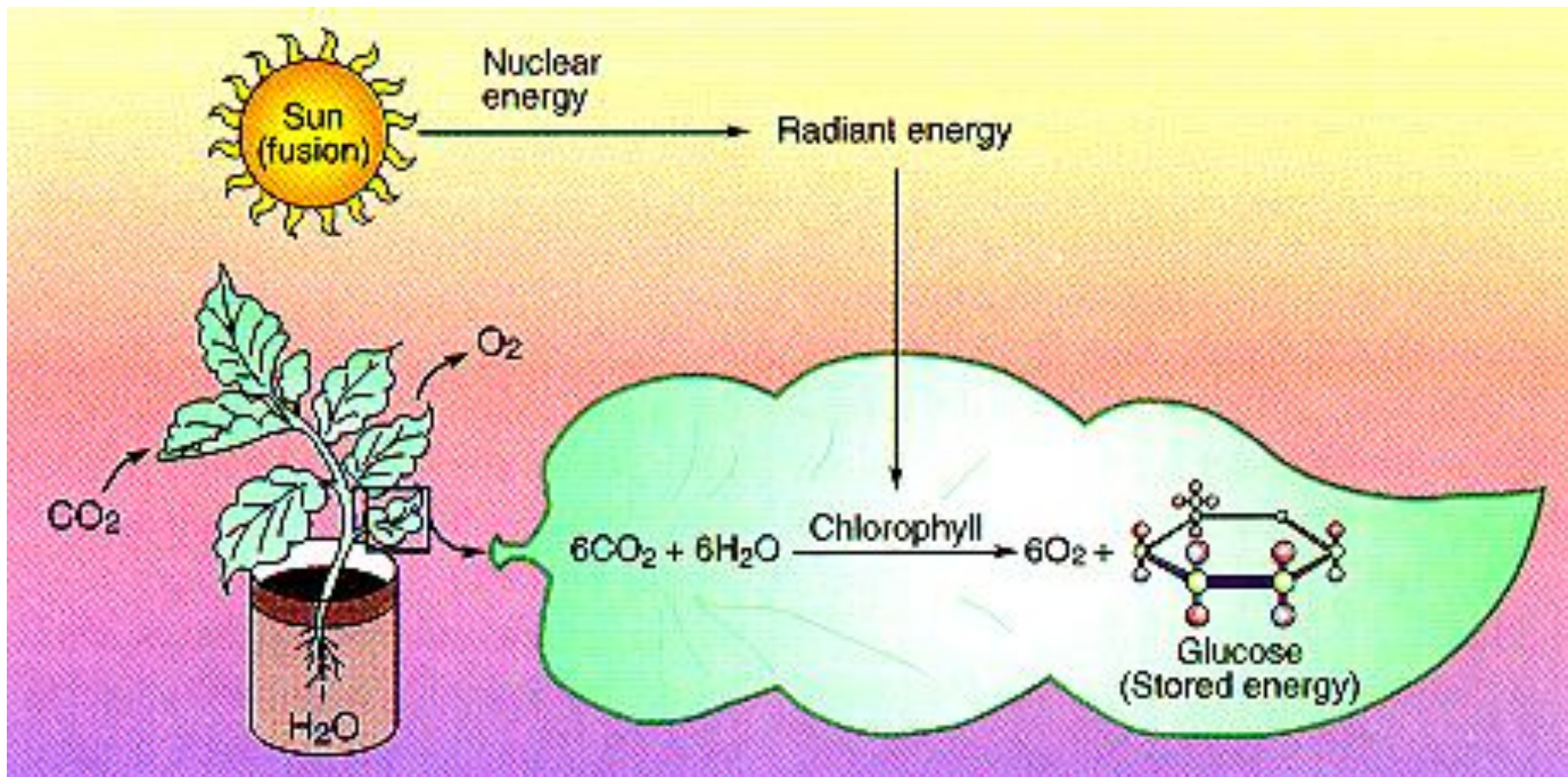
UNIDADES DE EXPRESIÓN: *ENERGÍA*

** Caloría y Kilocaloría **

- ♦ La energía en el sistema biológico se mide en calorías (cal).
- ♦ 1 cal es la cantidad de calor requerido para elevar 1 g de agua a 1°C, de 14.5°C a 15.5°C.
- ♦ En humanos, la energía se expresa en kilocalorías (kcal), donde 1 kcal equivale a 1,000 cal.
- ♦ Con frecuencia, muchas personas erróneamente hablan de “calorías” cuando en realidad quieren decir más precisamente kilocalorías. Cuando hablamos que alguien gasta 3,000 cal por día, lo que realmente significa que la persona está gastando 3,000 kcal por día.



ORIGEN DE LA ENERGÍA





ENERGÍA: para la Actividad Celular

SOL



Origen de toda la Energía



Energía Lumínica



Plantas



**Convierten la Luz en Energía Química Almacenada
(Fotosíntesis)**



Ser Humano



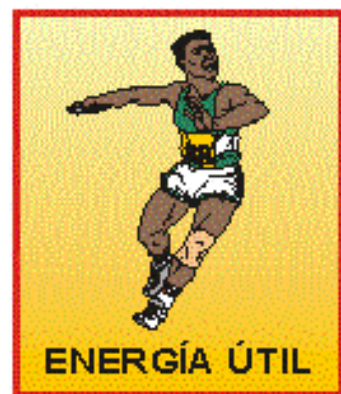
**Obtiene la Energía Consumiendo
Plantas o Animales
(CHO, Grasas, Pro)**



Se Descomponen en las Células para liberar Energía Almacenada



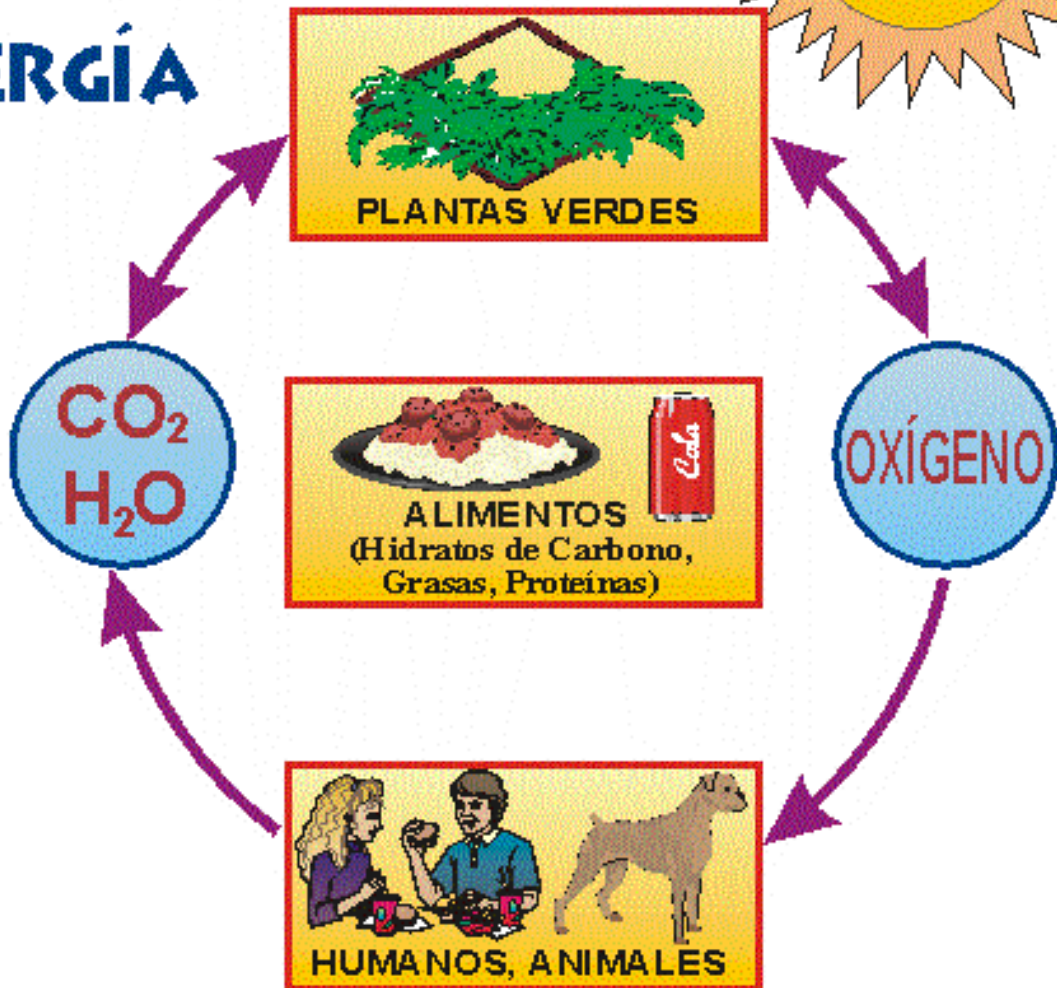
EL CICLO BIOLÓGICO DE LA ENERGÍA



CO_2
 H_2O

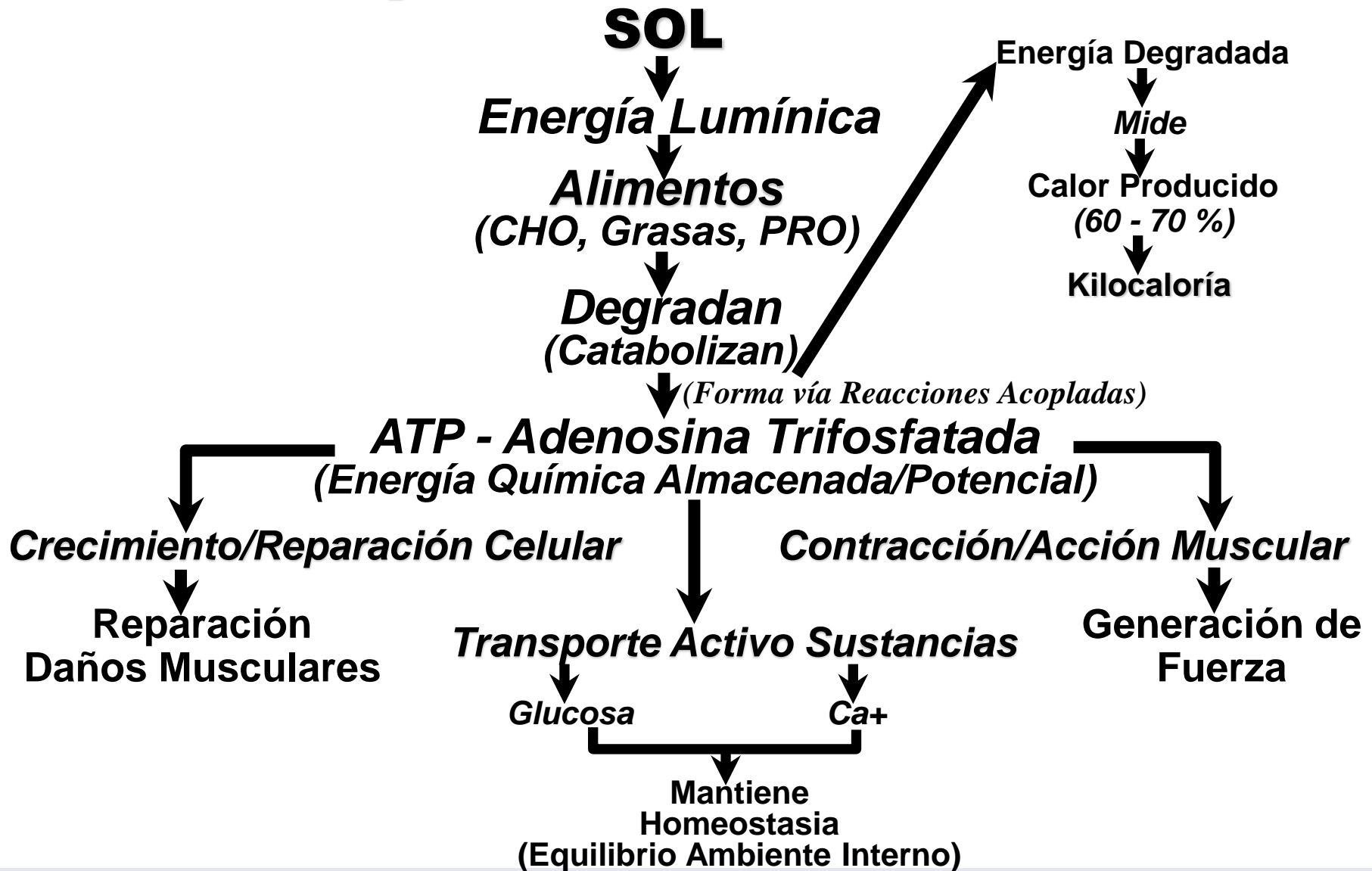


OXÍGENO





ENERGÍA: para la Actividad Celular

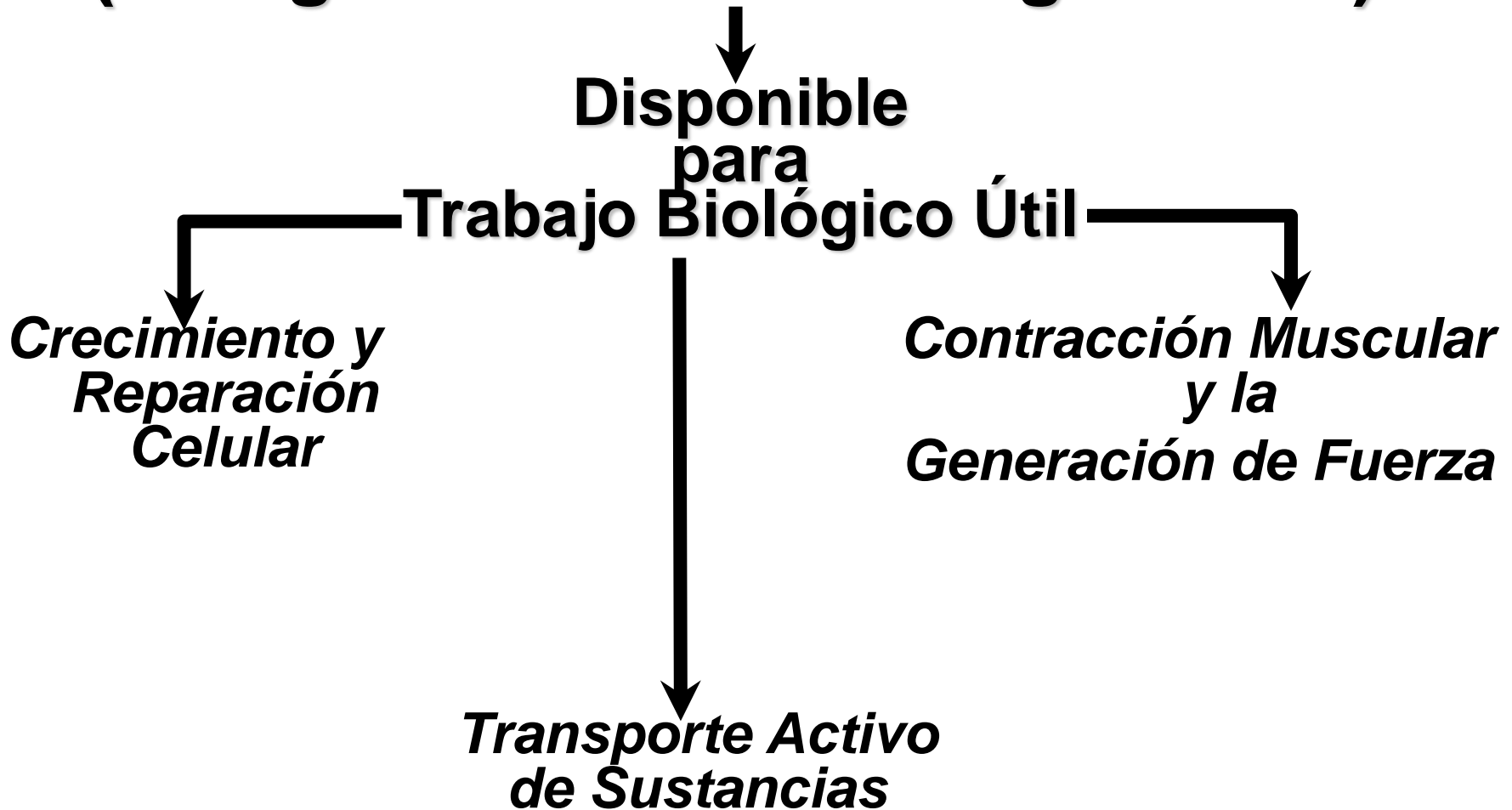




ENERGÍA: para la Actividad Celular

ENERGÍA LIBRE

(Energía en un Estado Organizado)





BIOENERGÉTICA

El Conjunto de los *Procesos Celulares* por medio de los cuales se Transforma la Energía de las Sustancias Nutricias (i.e., Hidratos de Carbono, Grasas y Proteínas) a una Forma Energética *Biológicamente útil*



BIOENERGÉTICA

DEFINICIONES

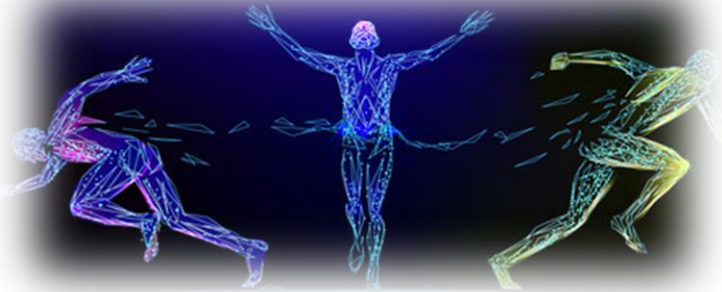
ENERGÍA:

Capacidad
para
Desempeñar
Trabajo

TRABAJO:

Aplicación
de una Fuerza
a través de
una Distancia
(Fuerza X Distancia)

NOTA. Adaptado de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 116), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



TERMODINÁMICA

El Campo de las
Ciencias Físicas
que Estudia los
Intercambios de Energía
entre Conjuntos de *Materia*



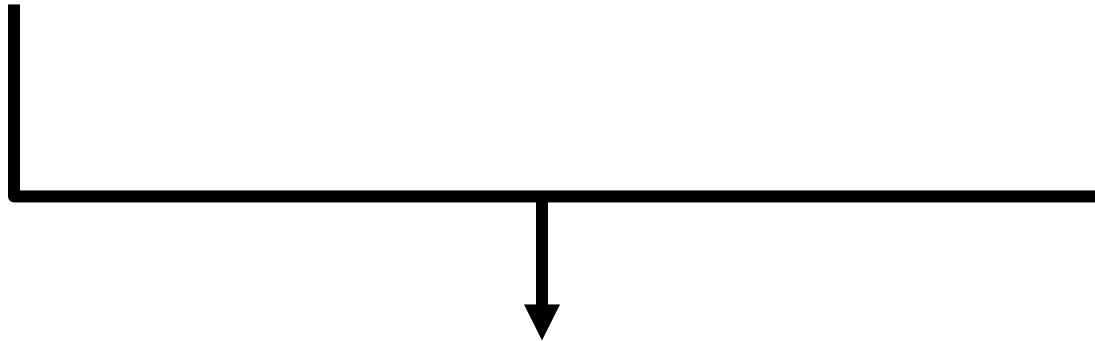
TERMODINÁMICA

Sistema

Conjunto de Materia

Medio

Todo el Resto de la Materia



Universo

Sistema + Medio

Aspectos que Estudia la Termodinámica

ENERGÍA

Potencial:

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

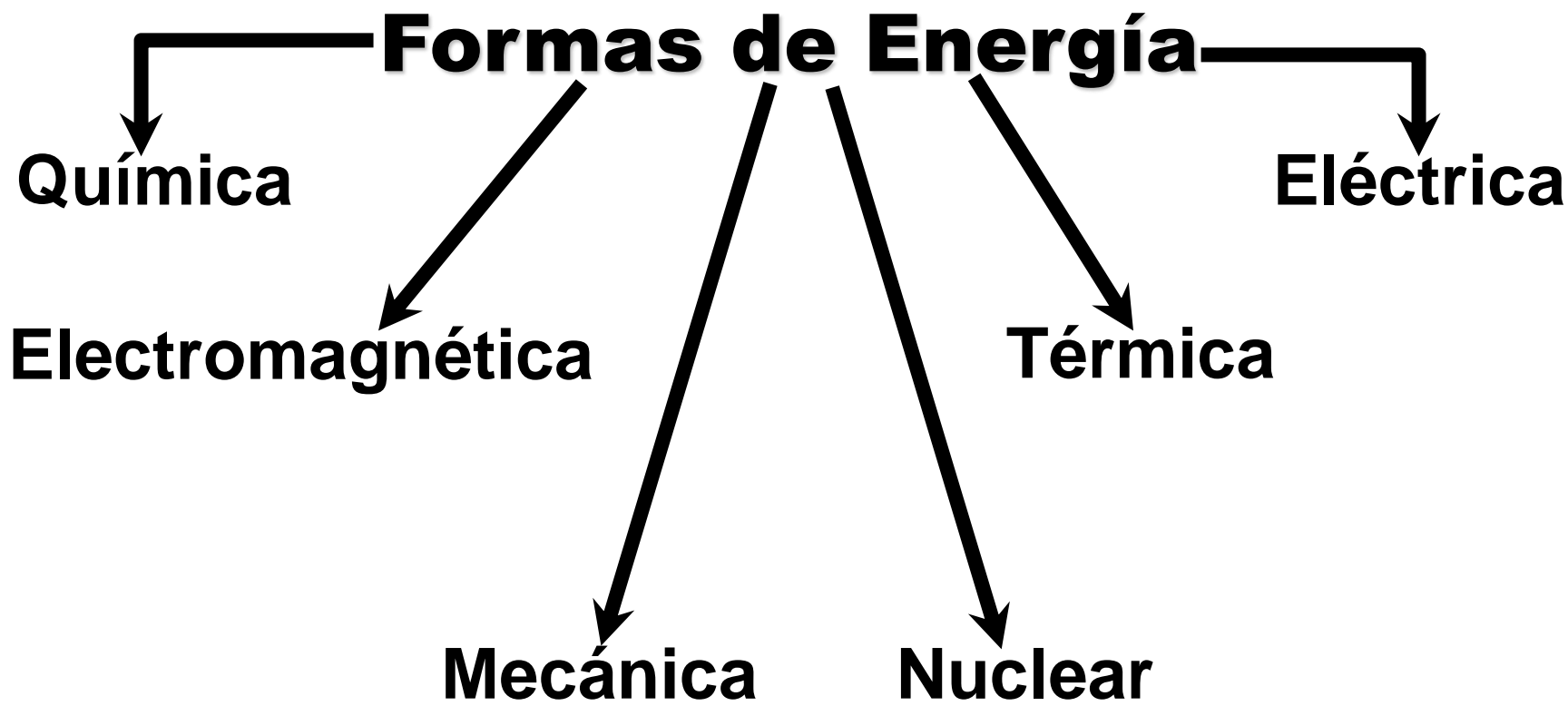
Cinética:

- 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



ENERGÍA

Capacidad para Efectuar Trabajo

Formas de Energía

Potencial

Eléctrica

Nuclear

**Radiante/
Solar**

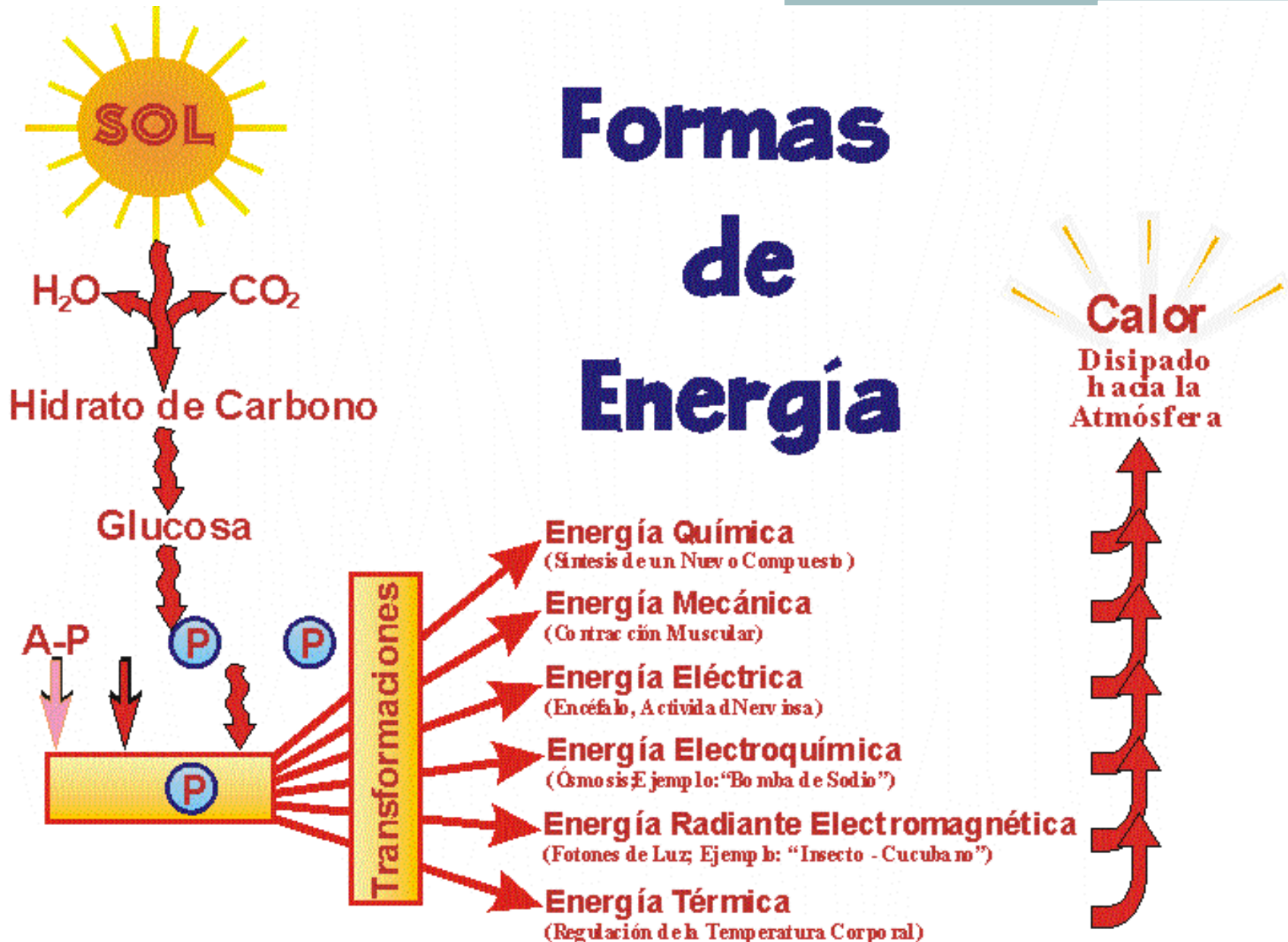
Cinética

Clases de Energía

Química

Osmótica

Mecánica





TERMODINÁMICA

Primera Ley

La Energía ni se Crea
ni se Destruye, solo
se Transforma de una
Forma a otra

*Todas las Formas
de Energía
Son
Intercambiables*

Segunda Ley

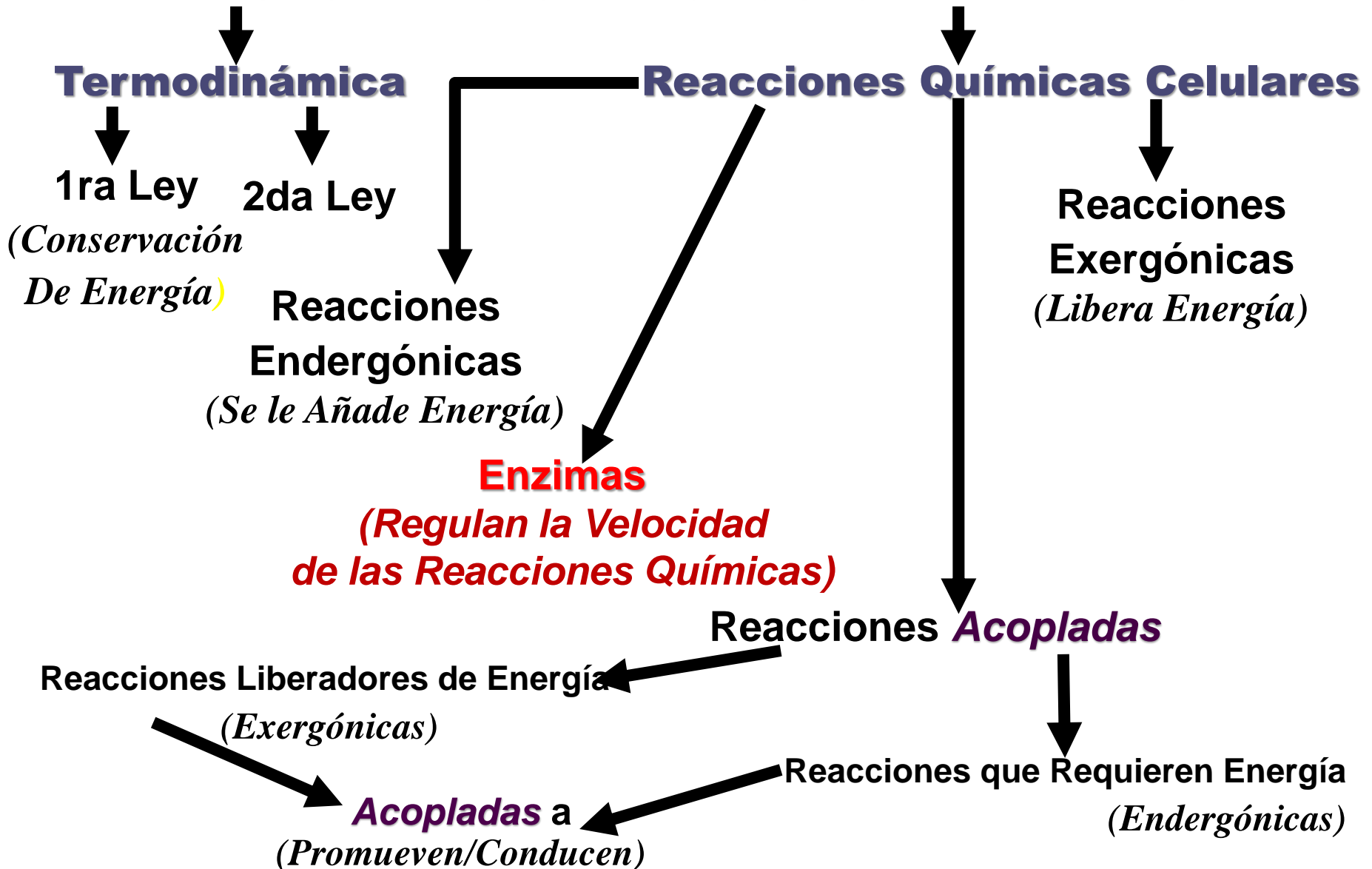
Los Sistemas Vivientes se
encuentran en un Estado Alto
de Alteración, llamado
Entropía

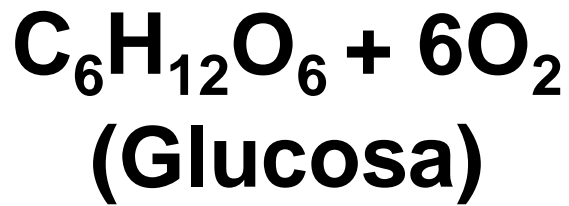
** Implicación **

*Los Cambios Energético en
los Sistemas Vivientes
Tienden a ir desde un
Estado Alto de Energía
Libre a un Estado
Bajo de Energía*



TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE ENERGÍA





(Reactante o Sustrato)



Se Degrada
Vía

Oxidación Celular



(*Bióxido de
Carbono*)

(*Agua*)

Se
Libera
Energía Libre
(Reacción Exergónica)

(Producto)



METABOLISMO

Suma Total de los
Procesos Químicos
Involucrados en la
Liberación y Utilización de Energía
dentro de la *Célula* Viviente



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:

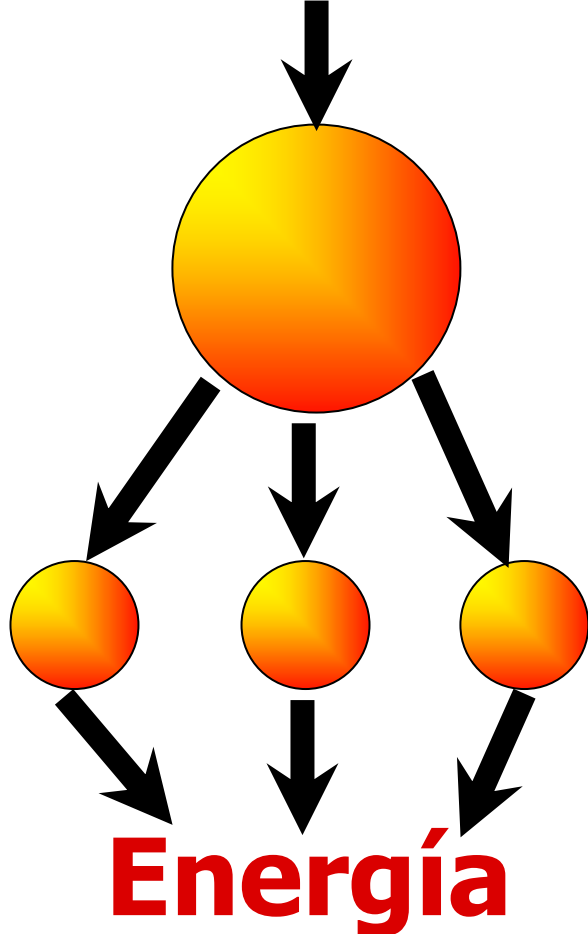
- Proceso de Síntesis
- Recurre a Energía para Elaborar Moléculas Mayores a Partir de Moléculas Pequeñas



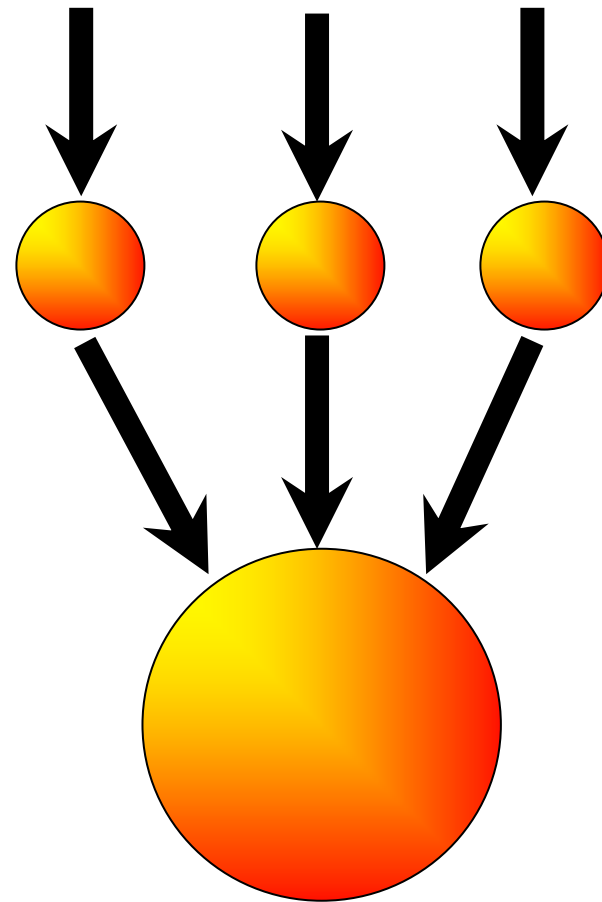


METABOLISMO CELULAR

Catabolismo

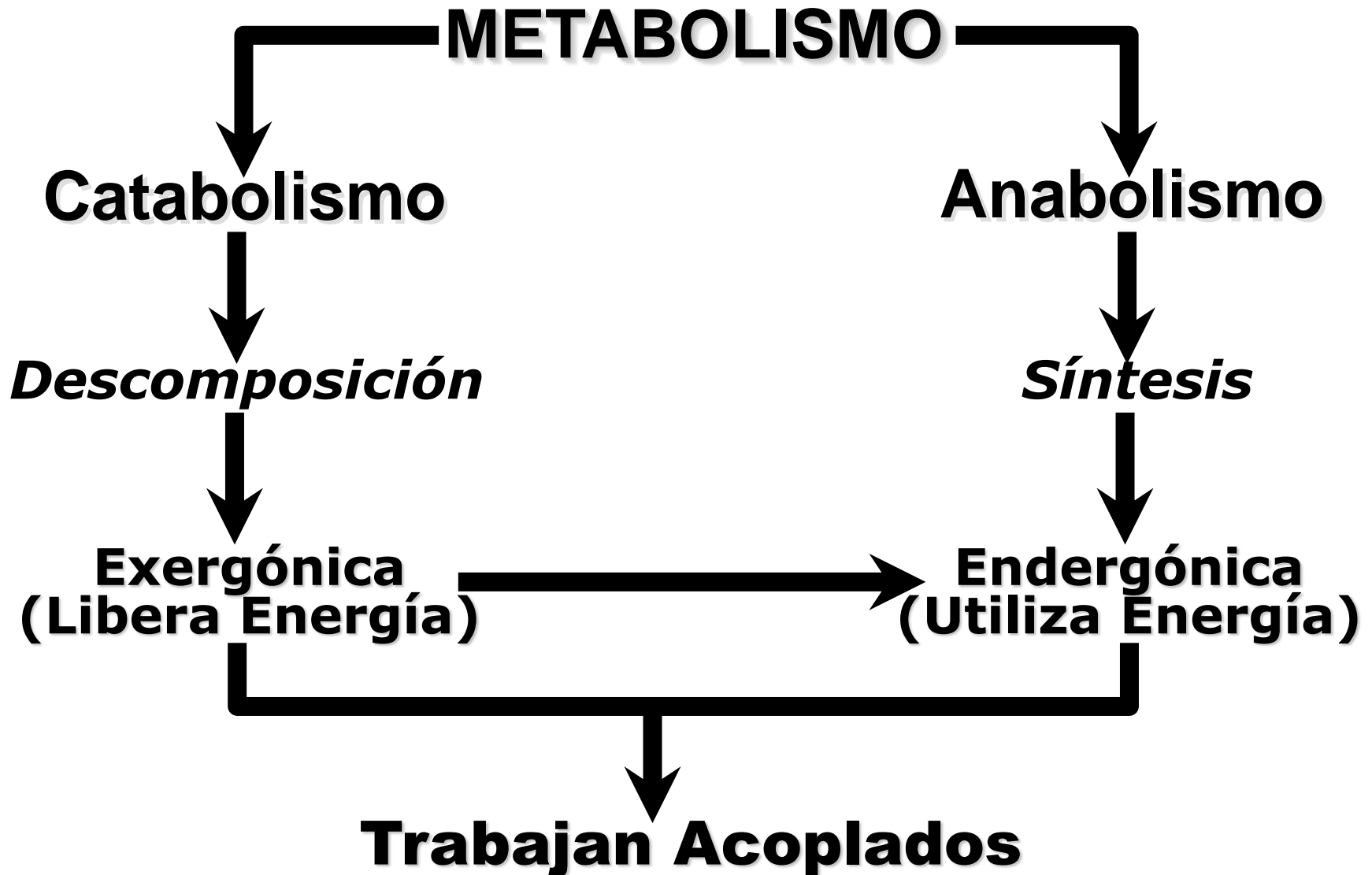


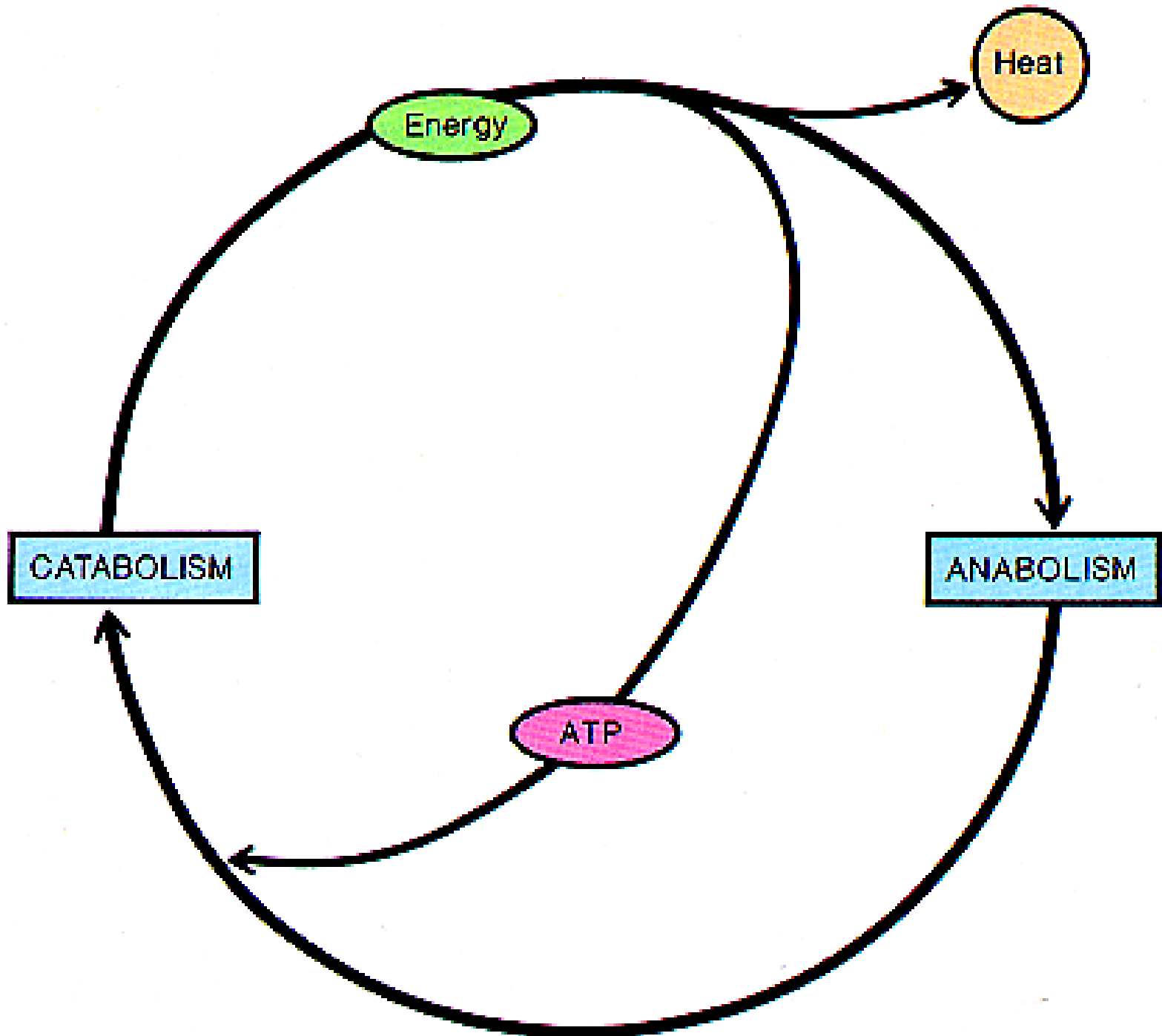
Anabolismo



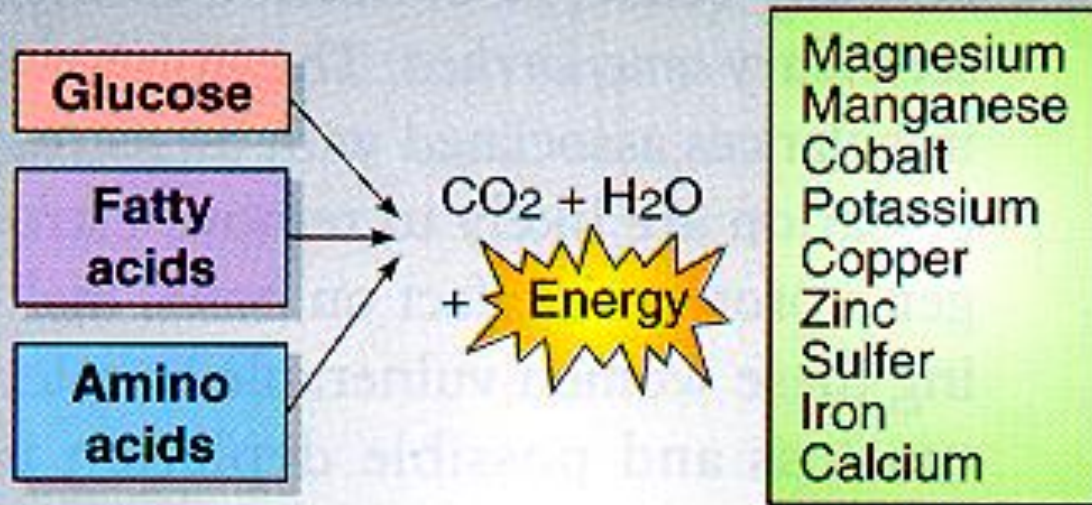


SISTEMAS ENERGÉTICOS BÁSICOS

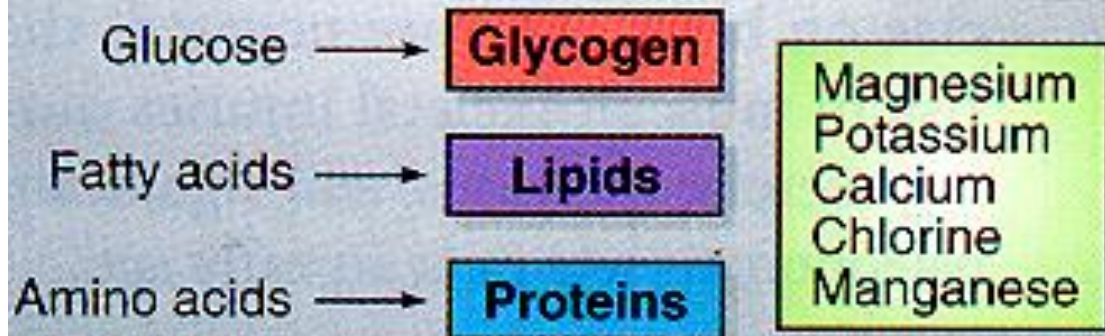




CATABOLISM (breakdown)



ANABOLISM (buildup)





Reacciones

Exergónicas:

Reactante
(Sustratos)

↓

Productos

Energía
Libre

Dirigida a Conducir

Reacciones

Endergónicas:

Reactante
(Sustratos)

↑

Productos

EL ACOPLAMIENTO DE LAS REACCIONES EXERGÓNICAS Y ENDERGÓNICAS



REACCIONES QUÍMICAS

↓
Transforma la Energía de las Sustancias Nutricias
a una Forma

Biológicamente Utilizable

(Anabolismo)

Reacciones

Endergónicas

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

↓ (Sintetizar)

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

(Catabolismo)

Reacciones

Exergónicas

Aquellas Reacciones que Liberan
Energía como Resultado de los
Procesos Químicos



Se Libera Energía



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



FUENTES ENERGÉTICAS

FUENTES PRIMARIAS DE ENERGÍA

Sinónimos:

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

Ejemplos

Macromoléculas:

CHO
PRO
Grasas

Sustratos:

ATP
PCr



Reservas de Combustible y Energía en el Cuerpo

	g	kcal
Hidratos de Carbono		
Glucógeno hepático	110	451
Glucógeno muscular	500	2,050
Glucosa en líquidos cuerpo	15	62
Total	625	2,563
Grasas		
Subcutánea y visceral	7,800	73,320
Intramuscular	161	1,513
Total	7,961	74,833

Nota. Estos estimados son basados en una masa (peso) corporal promedio de 65 kg (143 lb) con 12% de grasa.

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

*** 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.



ENZIMAS

* EJEMPLOS *

Dehidrogenasa Láctica

 **Función:**

Cataliza la Conversión del Ácido Láctico a Ácido Pirúvico y Viceversa





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



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)



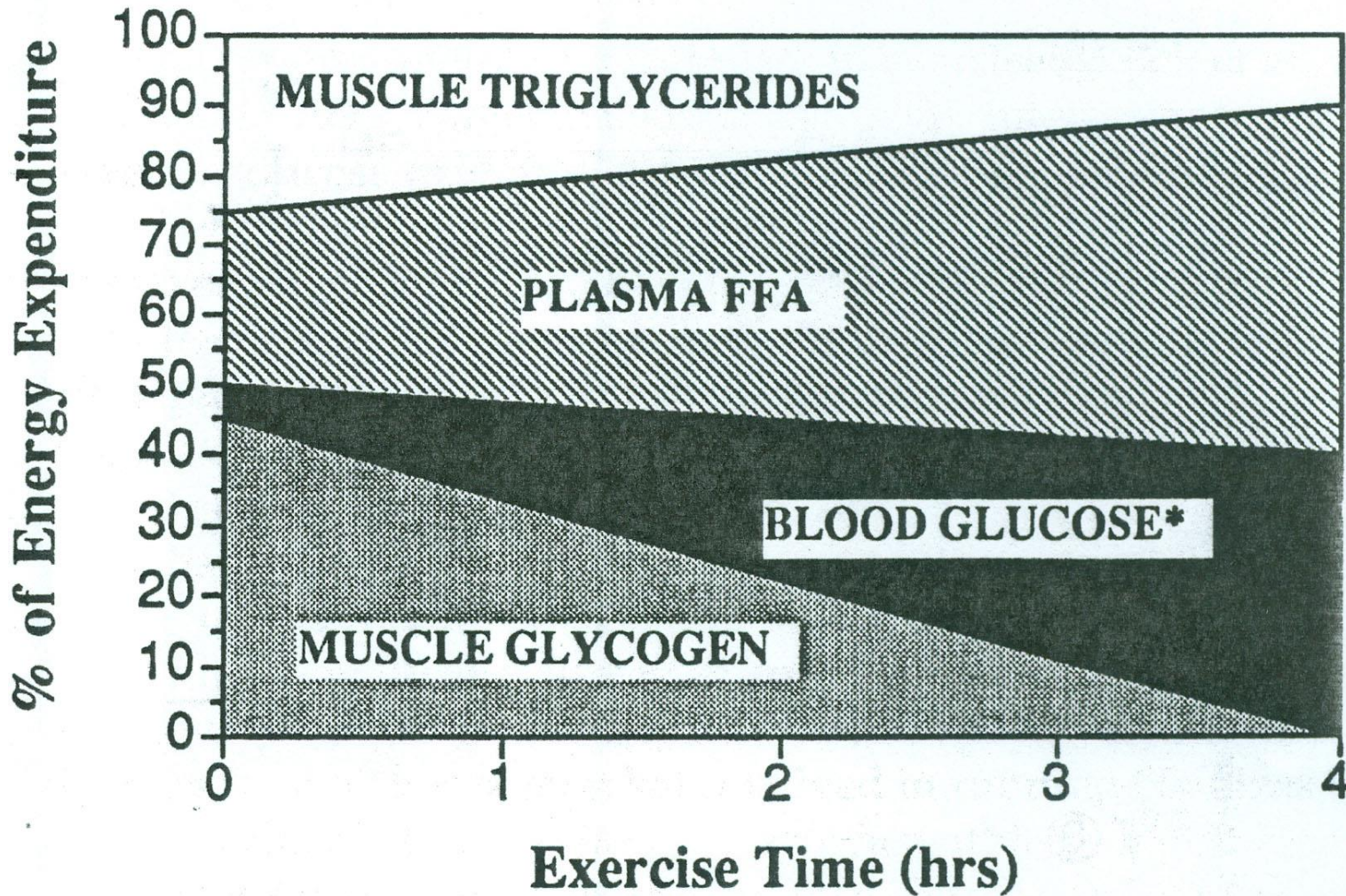
SUSTRATO ENERGÉTICO METABOLIZADO PREFERENCIA SEGÚN LA: *Intensidad del Ejercicio*

INTENSIDAD	COMBUSTIBLE METABÓLICO UTILIZADO
< 30% VO_2máx	Principalmente las Reservas Musculares de Grasa
40 - 60% VO_2máx	Se Utilizan Equitativamente las Grasas y los CHO
75% VO_2máx	Principalmente los CHO
80% VO_2máx	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.

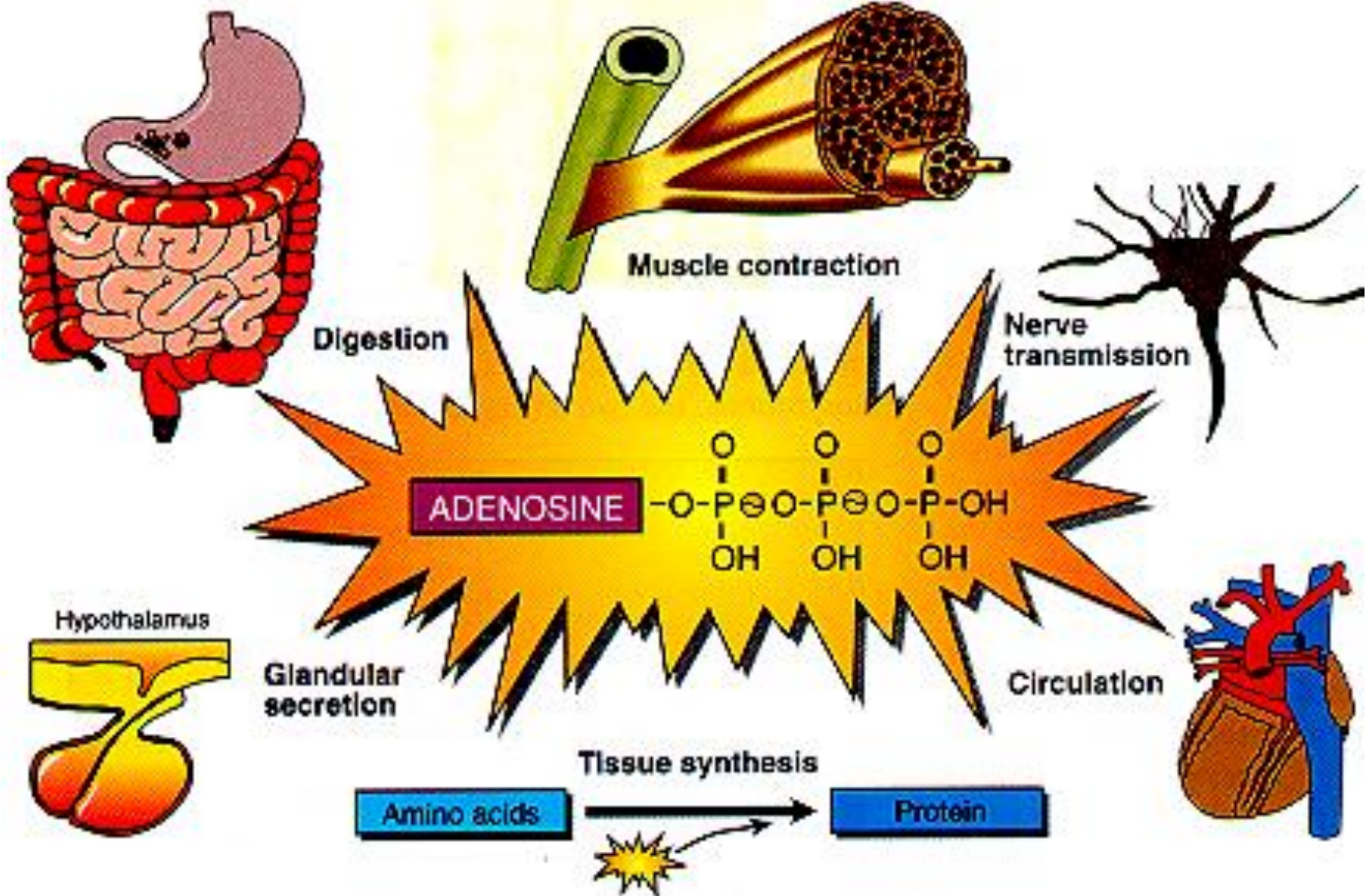


FUENTES ENERGÉTICAS: *ACTIVIDAD CELULAR*

- ♦ Las fuentes alimentarias se procesan vía el catabolismo— el proceso de “degradar.”
- ♦ La energía se transfiere desde las fuentes alimentarias hasta nuestras células para que sean almacenadas como ATP.
- ♦ ATP es un compuesto de alta energía almacenado en nuestras células y representa la fuente de toda la energía utilizada en reposo y durante el ejercicio.



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





MOLÉCULA DE ATP

Grupos de Fosfatos





Enlaces de Fosfatos de Alta Energía



FUENTES ENERGÉTICAS:

ATP: ADENOSINA DE TRIFOSFATO

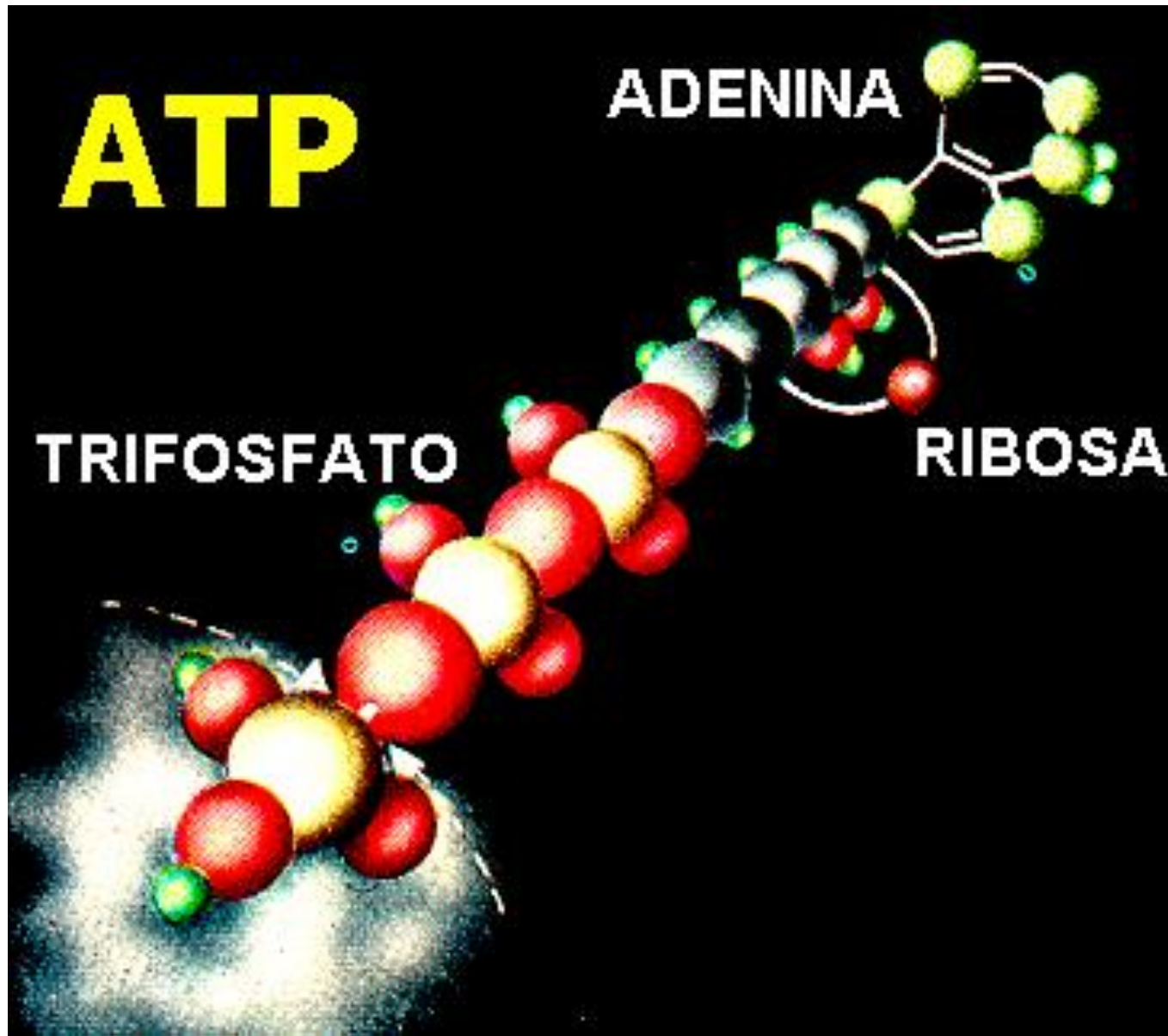
* ESTRUCTURA MOLECULAR *

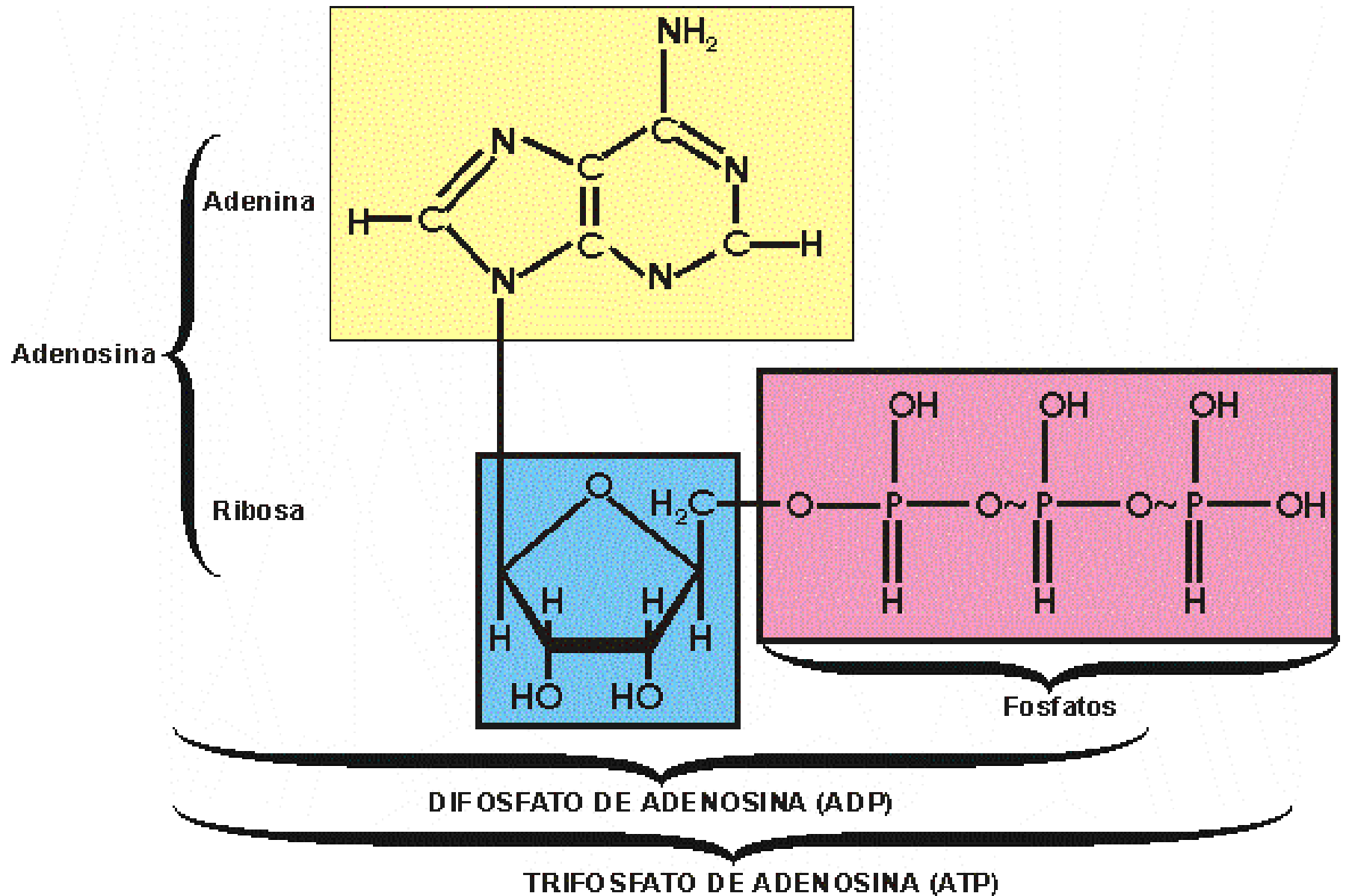


a



b





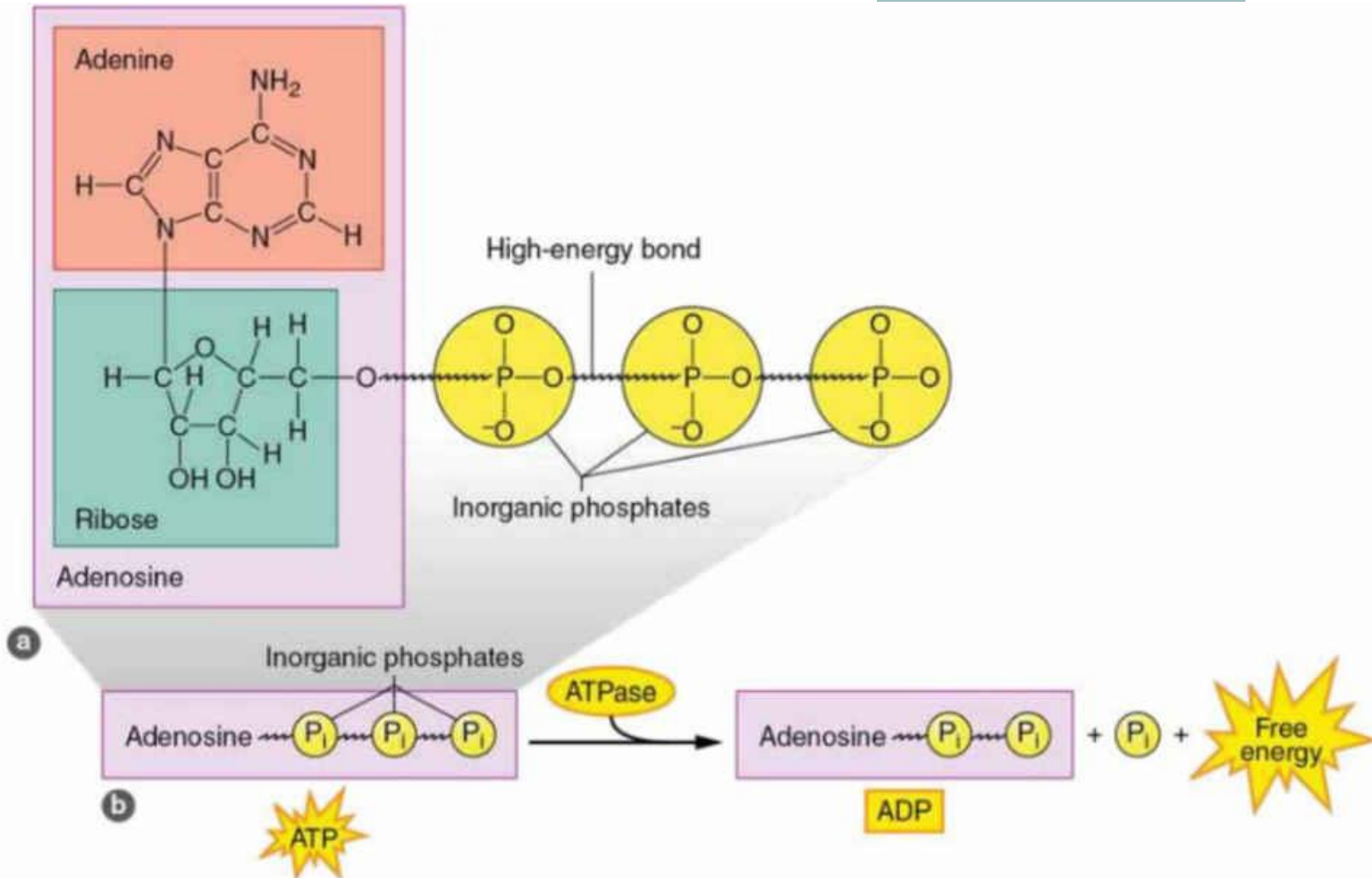


FIGURE 2.4 (a) The structure of an adenosine triphosphate (ATP) molecule, showing the high-energy phosphate bonds. (b) When the third phosphate on the ATP molecule is separated from adenosine by the action of adenosine triphosphatase (ATPase), energy is released.

NOTA. Tomado de: *Physiology of Sport and Exercise*. 8va ed., (p. 57), por W. L. Kenney, J. H. Wilmore & D. L. Costill, 2022, Champaign, IL: Human Kinetics. Copyright 2022 por: W. L. Kenney, J. H. Wilmore y D. L. Costill.

FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

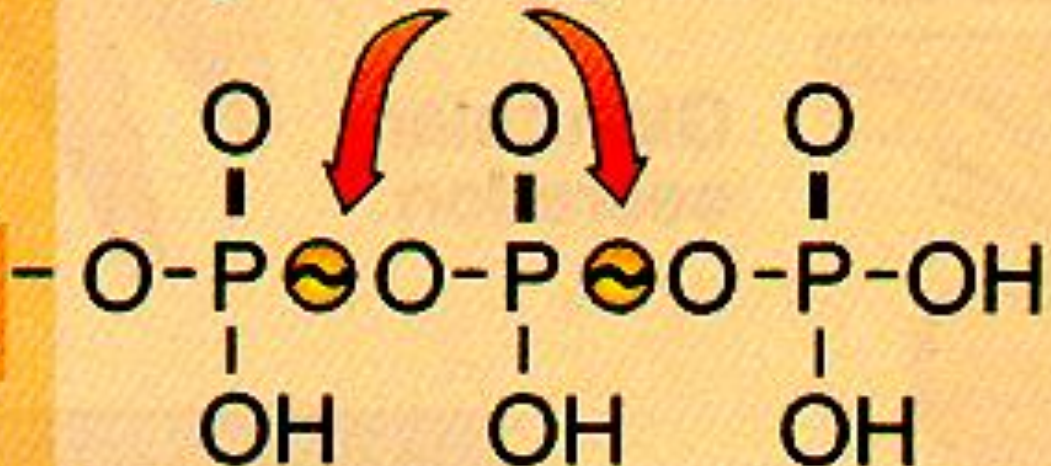
ADENOSINA DE TRIFOSFATO

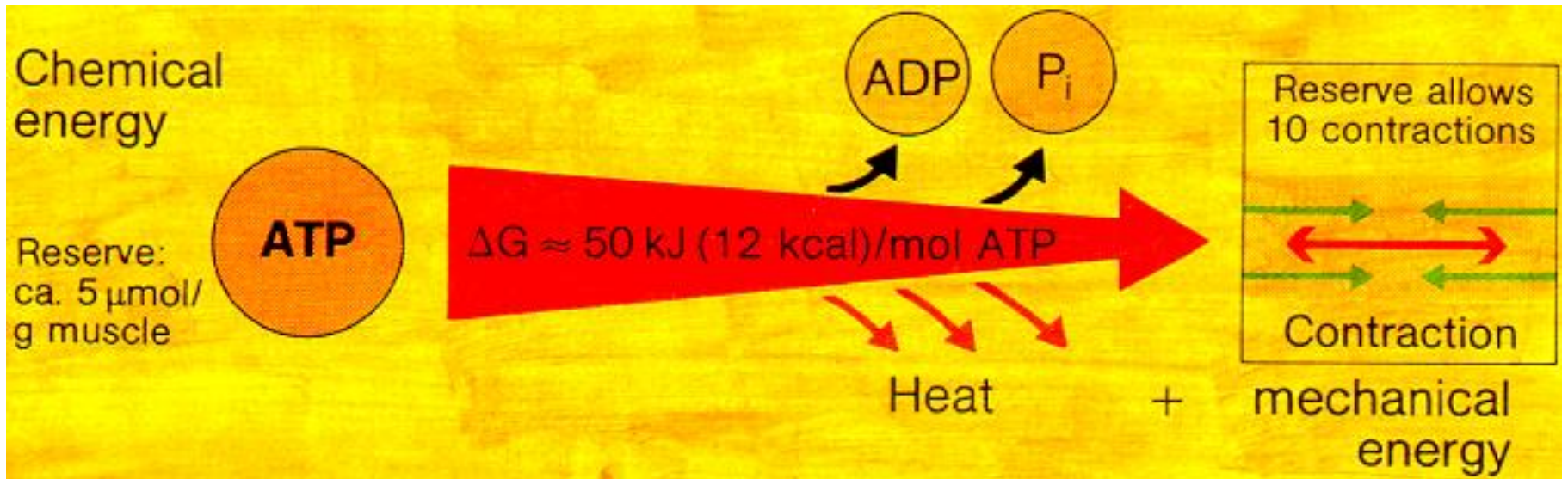
* ESTRUCTURA MOLECULAR *

TRIPHOSPHATE

High-energy bonds

ADENOSINE







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)

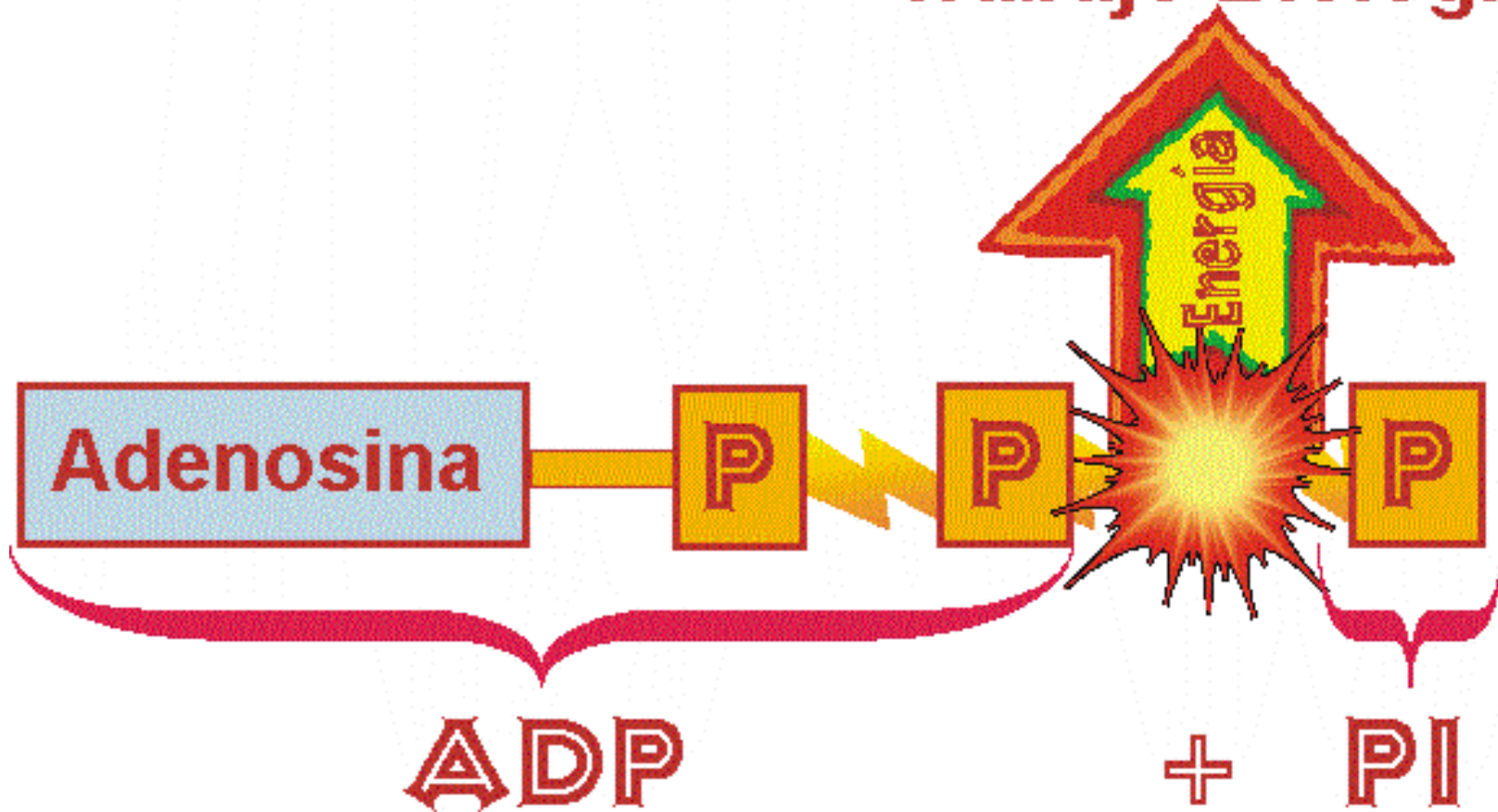
Energía

Vía Reacción Acoplada

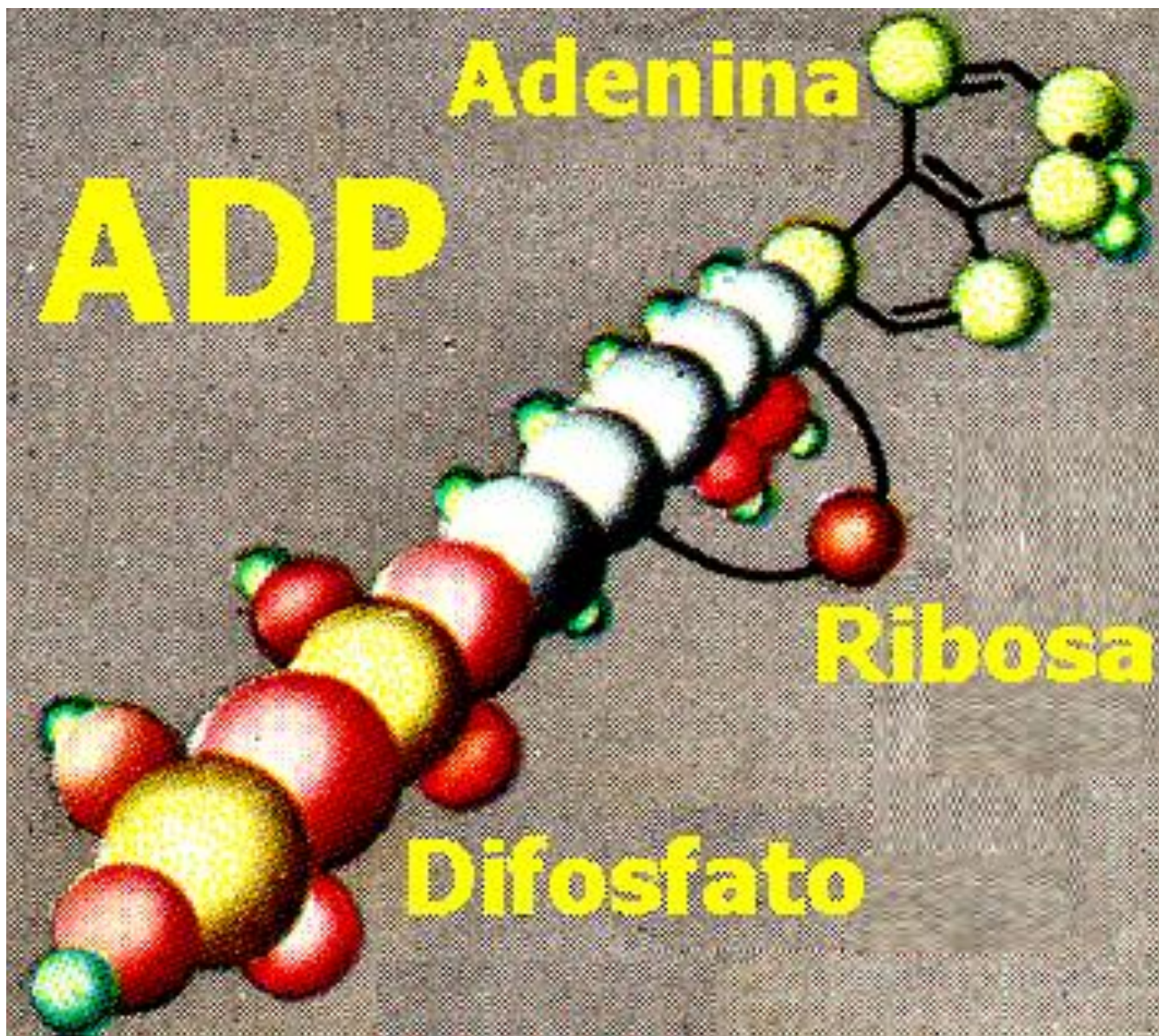




Trabajo Biológico



DESDOBLAMIENTO DEL ATP

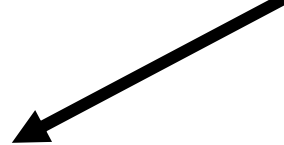




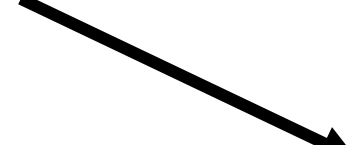
ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)



Hidrólisis



Difosfato de Adenosina (ADP)



Fosfato Inorgánica (Pi)



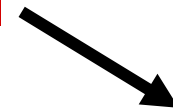
Energía Biológica Útil



Contracción Muscular



Transmisión Nerviosa



Secreción Hormonal





ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)

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

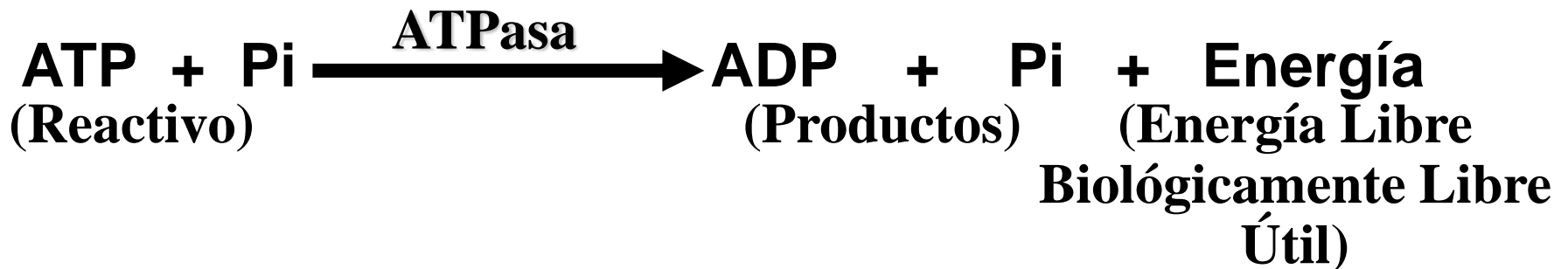
La Enzima ATPase Degrada el Enlace Químico
Que Almacena Energía

Entre

ADP y Pi



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



Consumo de

Avena

↓ *Se Absorbe en Sangre como:*

Glucosa

↓ *Se degrada la:*

Glucosa

Fosfocreatina (PCr)

↓ *Almacenada en*

Músculos

↓ *Se degrada la:*

PCr

Catabólico/Exergónico



Energía

ATPasa

ADP

+

PI



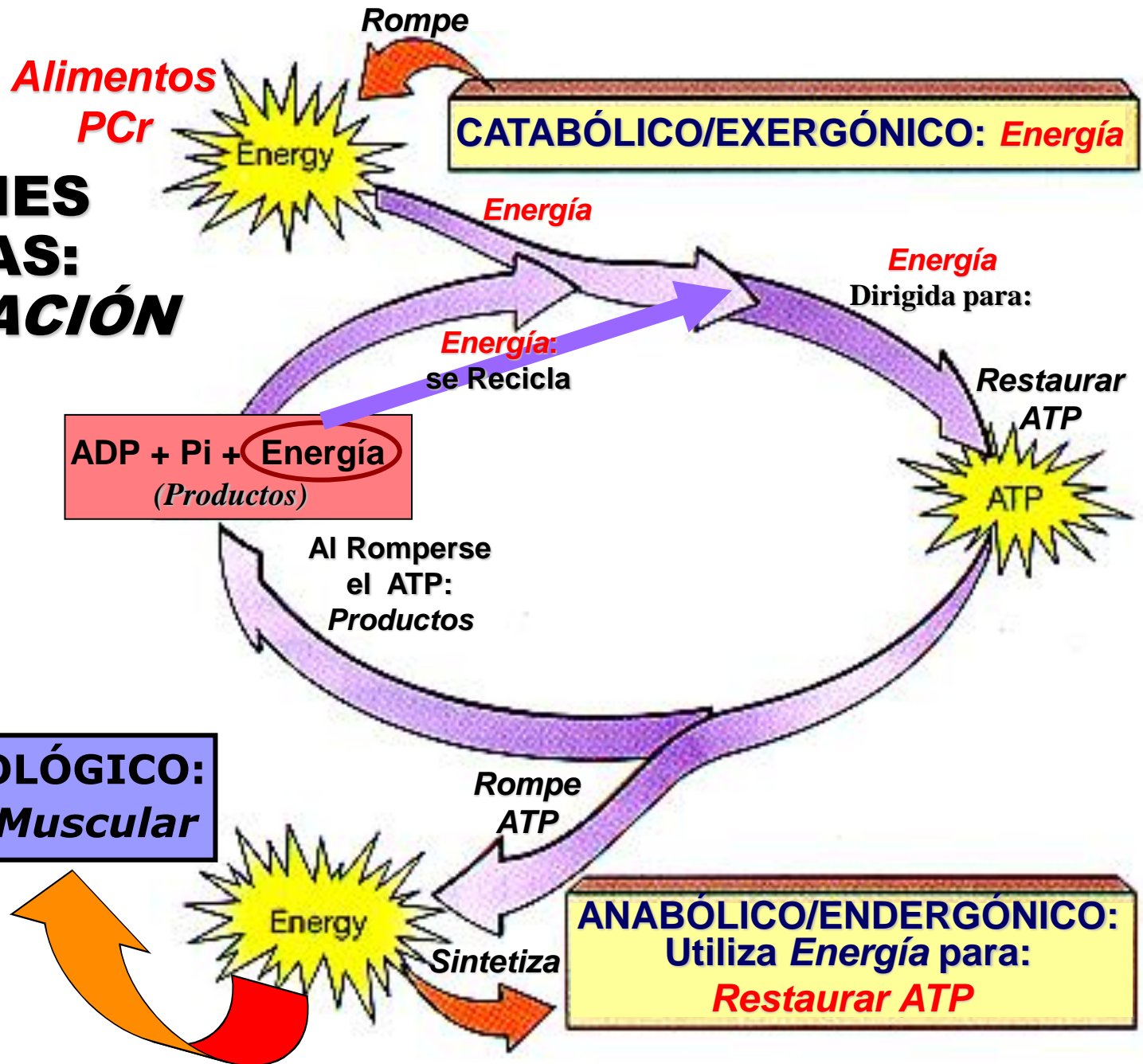
ATP

Anabólico/Endergónico

SÍNTESIS DEL ATP POR REACCIONES ACOPLADAS

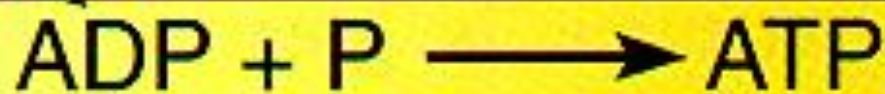
REACCIONES ACOPLADAS: RESTAURACIÓN DEL ATP

TRABAJO BIOLÓGICO:
Contracción Muscular



Food Energy

carbohydrates • lipids • proteins

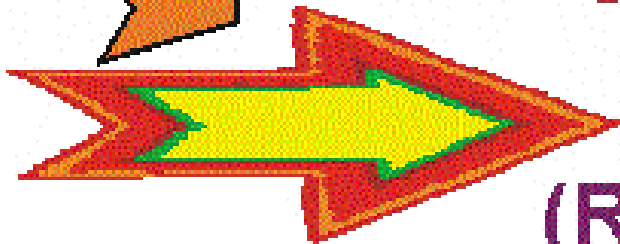




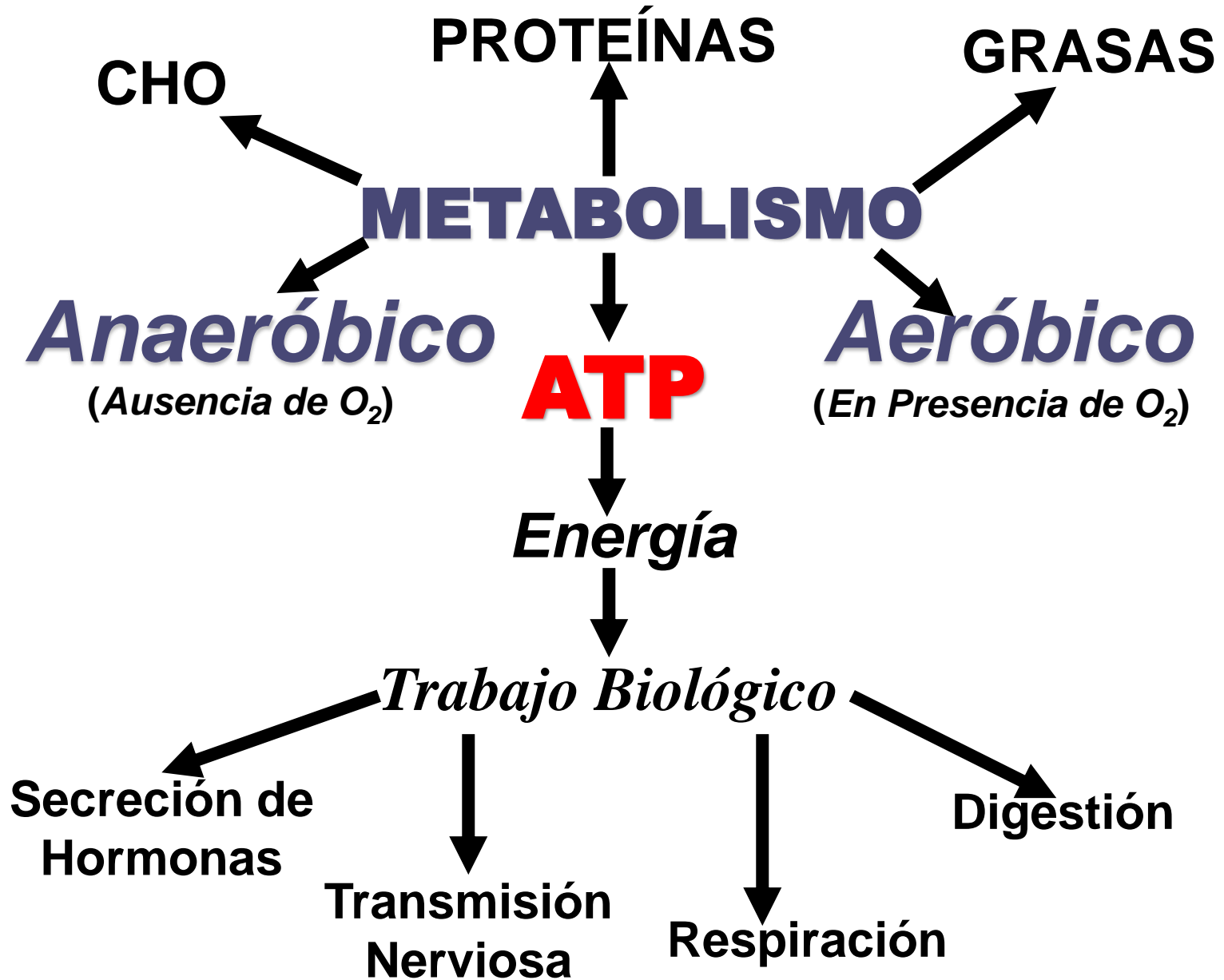
(Metabolismo Anabólico)

(Reacción Endergónica)

ADP + PI
(Productos)



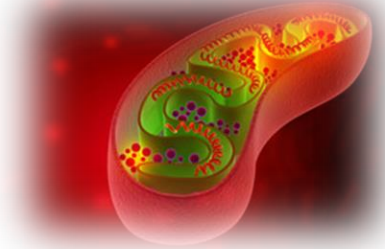
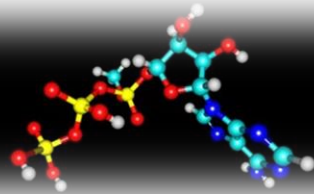
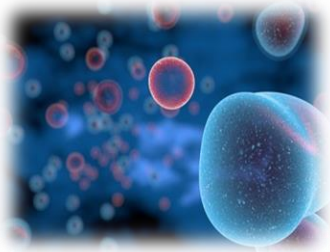
ATP
(Reactante)





FUENTES ENERGÉTICAS

FUENTES DE ATP



ANAERÓBICO

(Sistema No Oxidativo)



Sistema de
ATP-PCr
(Fosfágeno)



Glucólisis
Anaeróbico
(Sist. Ácido Láctico)

AERÓBICA

(Sistema de Oxígeno)
(Sistema Oxidativo)



- 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



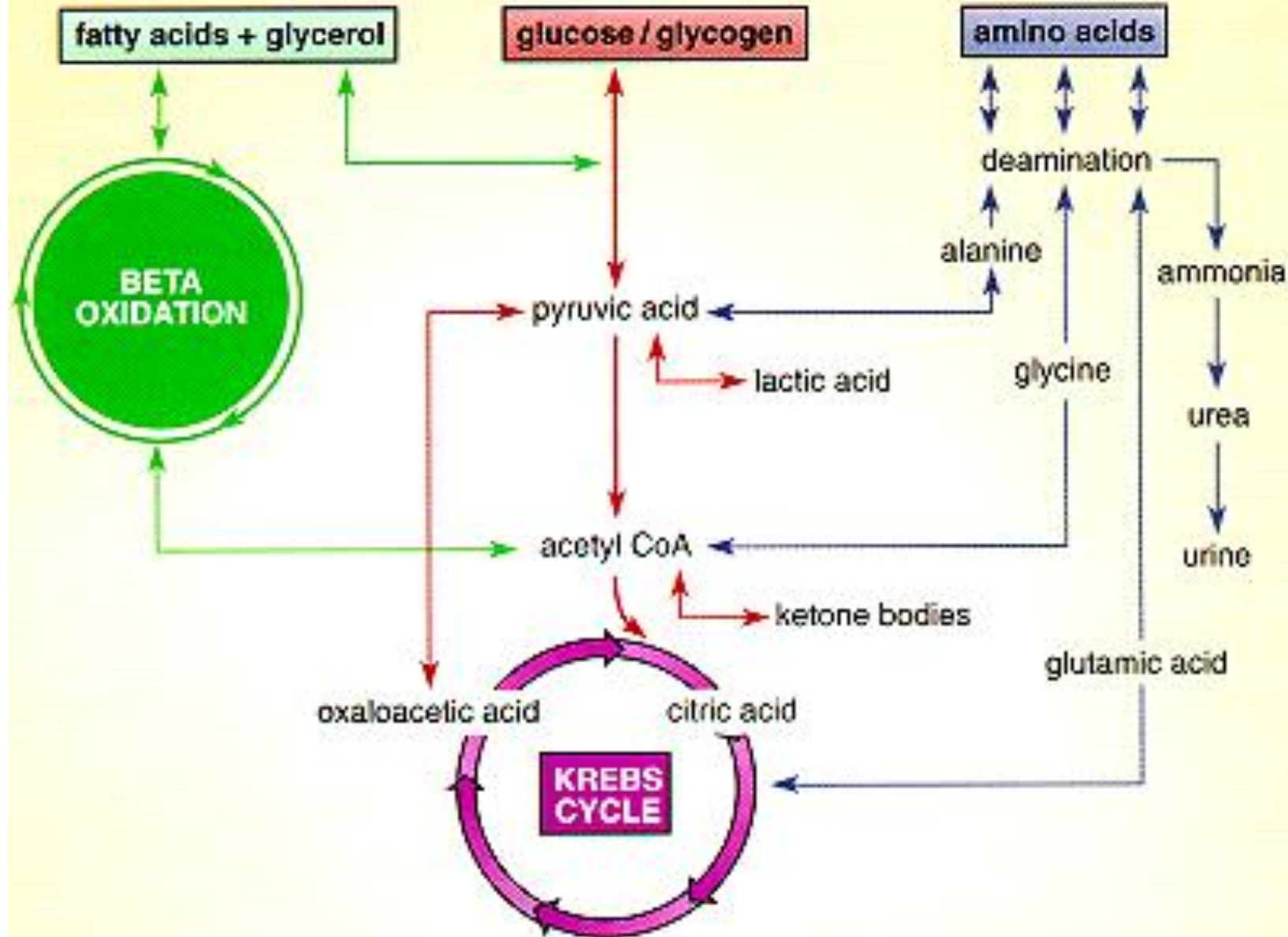
FUENTES DE ENERGÍA: ATP

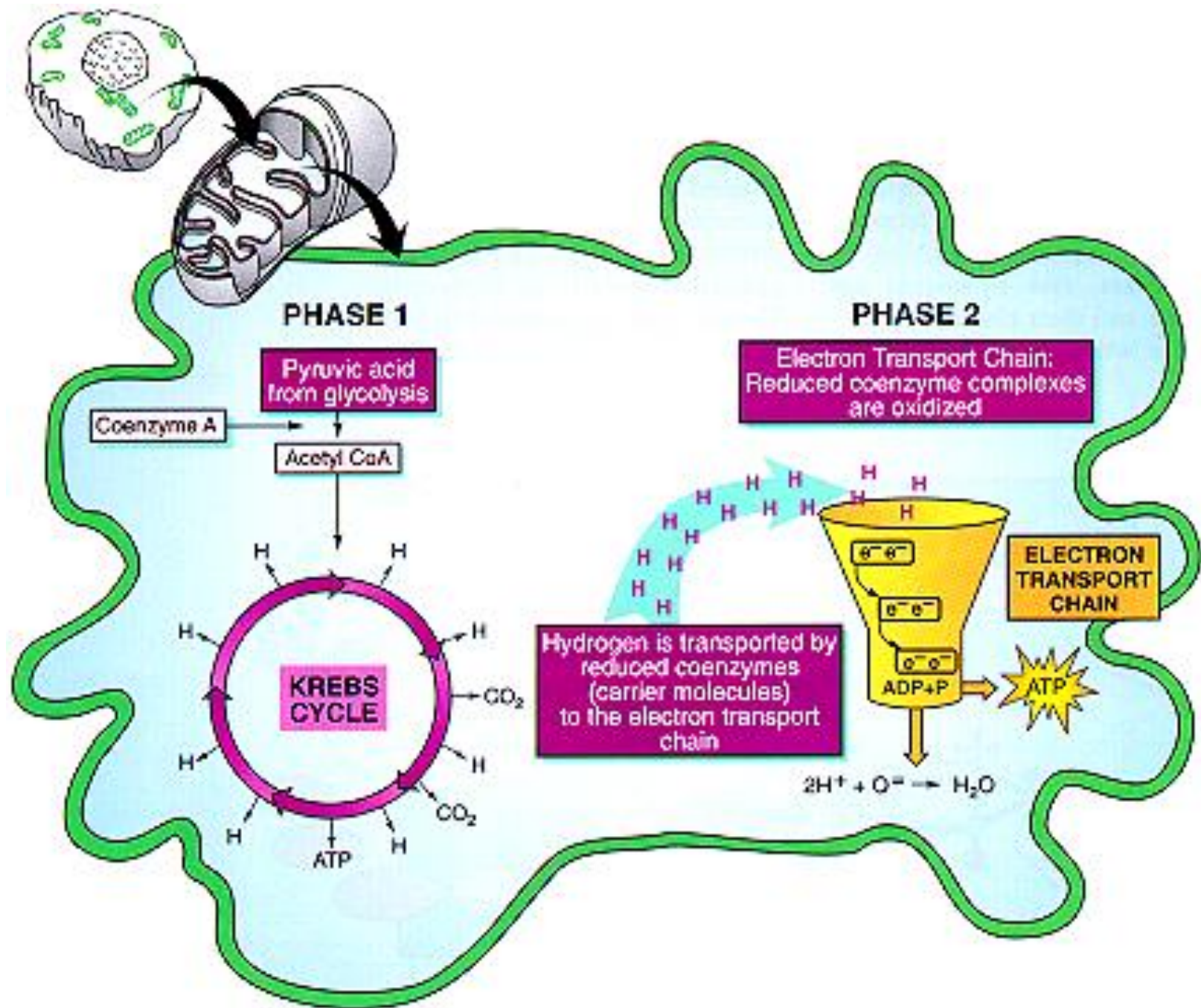
- **Metabolismo Anaeróbico:**
 - El Sistema ATP-PCr (*Fosfágeno*)
 - Glucólisis Anaeróbica
(*El Sistema de Ácido Láctico*)
- **Metabolismo Aeróbico
(Sistema de Oxígeno):**
 - Glucólisis Aeróbica
 - El Ciclo de Krebs (*Ciclo de Ácido Cítrico*)
 - El Sistema (o Cadena) de Transporte Electrónico (*Fosforilación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

LIPIDS

CARBOHYDRATES

PROTEINS





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

(Catabolismo)

(COMIDA: CHO, Grasas, PRO)



(Une/Forma/Sintetiza [Anabolismo/Endergónico])

(Se Crea ATP)

ATP

[Adenina + Ribosa + Tres Fosfatos (Pi)]

(Rompe/Degrada (Catabolismo/Exergónico))



(también se puede)

Energía Libre

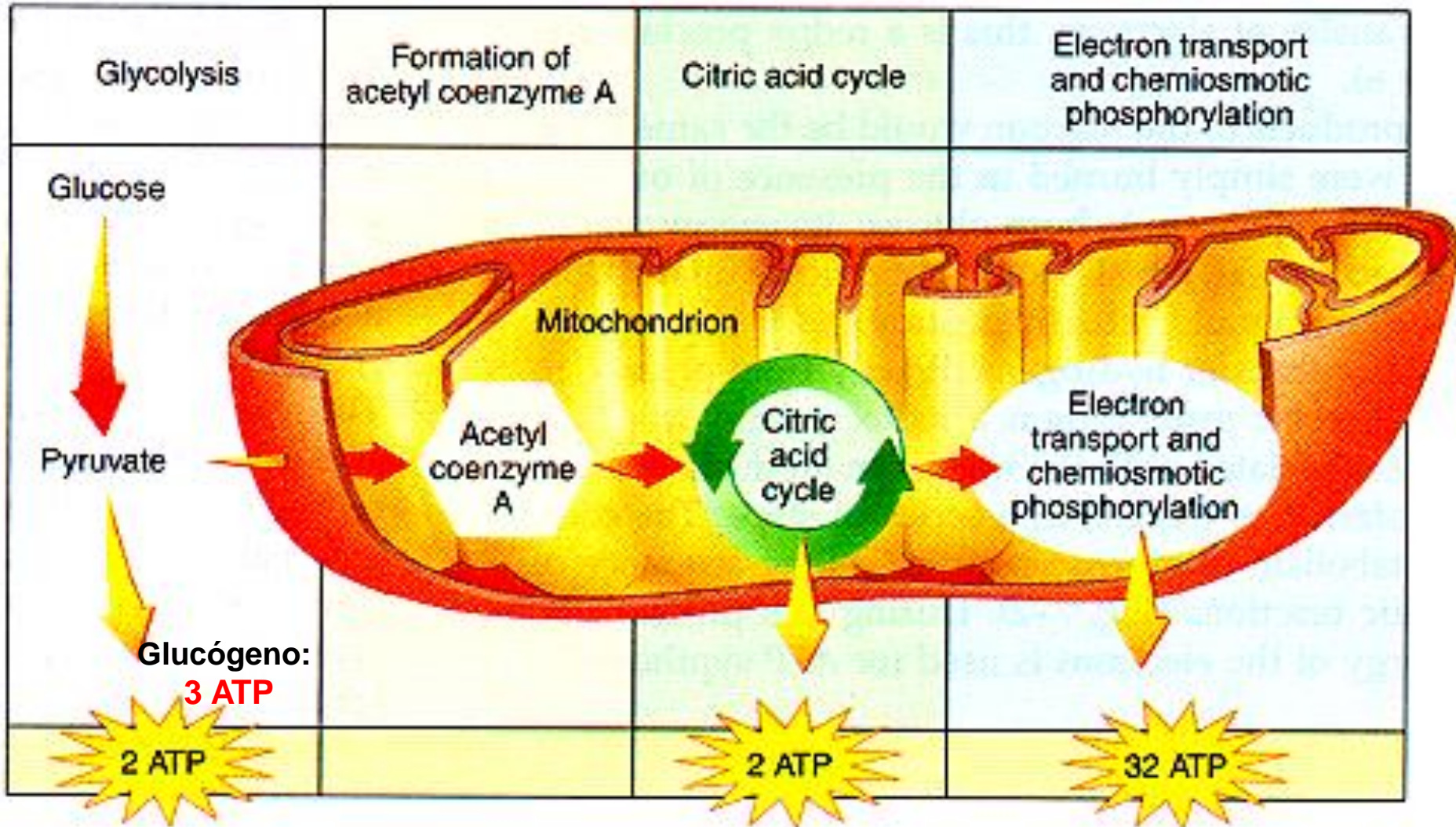
Reciclar para
formar ATP

Trabajo Biológico (Ejemplo) → Contracción Muscular



FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

*** VÍAS: *METABÓLICAS* ***





METABOLISMO ANAERÓBICO

FUENTES DE ATP

PRODUCCIÓN ANAERÓBICA

Sistema de ATP-PC
(Fosfágeno)

Fosfocreatina (PCr)

Donación de Pi + Energía

+
ADP

ATP

*Creatina
Fosfocinasa*

PCr + ADP → ATP + Creatina

Glucólisis Anaeróbica

Degradación de
Glucosa o Glucógeno

Producto

2-3 Moles Ácido Pirúvico

Ausencia de Oxígeno

2-3 Moles Ácido Láctico

Energía

(Reacciones Acopladas)

Energía + Pi + ADP → ATP

Ganancia Energética

2-3 Moles ATP 2-3 Mol Ácido Láctico



SISTEMA DE ATP-PCr (FOSFÁGENO)



Enlace de Fosfato de Alta Energía



CREATINA DE FOSTATO
©
FOSFOCREATINA



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

↓
Alimentos
(CHO, Grasas, PRO)

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

Reacción
Acoplada

↓ (Unir/Formar/Sintetizar (Anabolismo/Endergónico))



↓
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



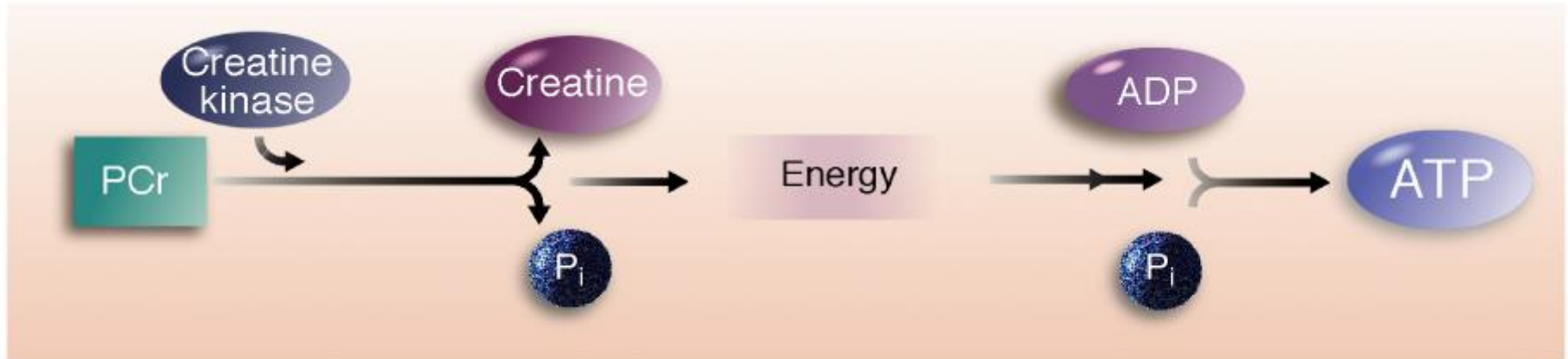
↓
Energía Libre

↓
Trabajo Biológico

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

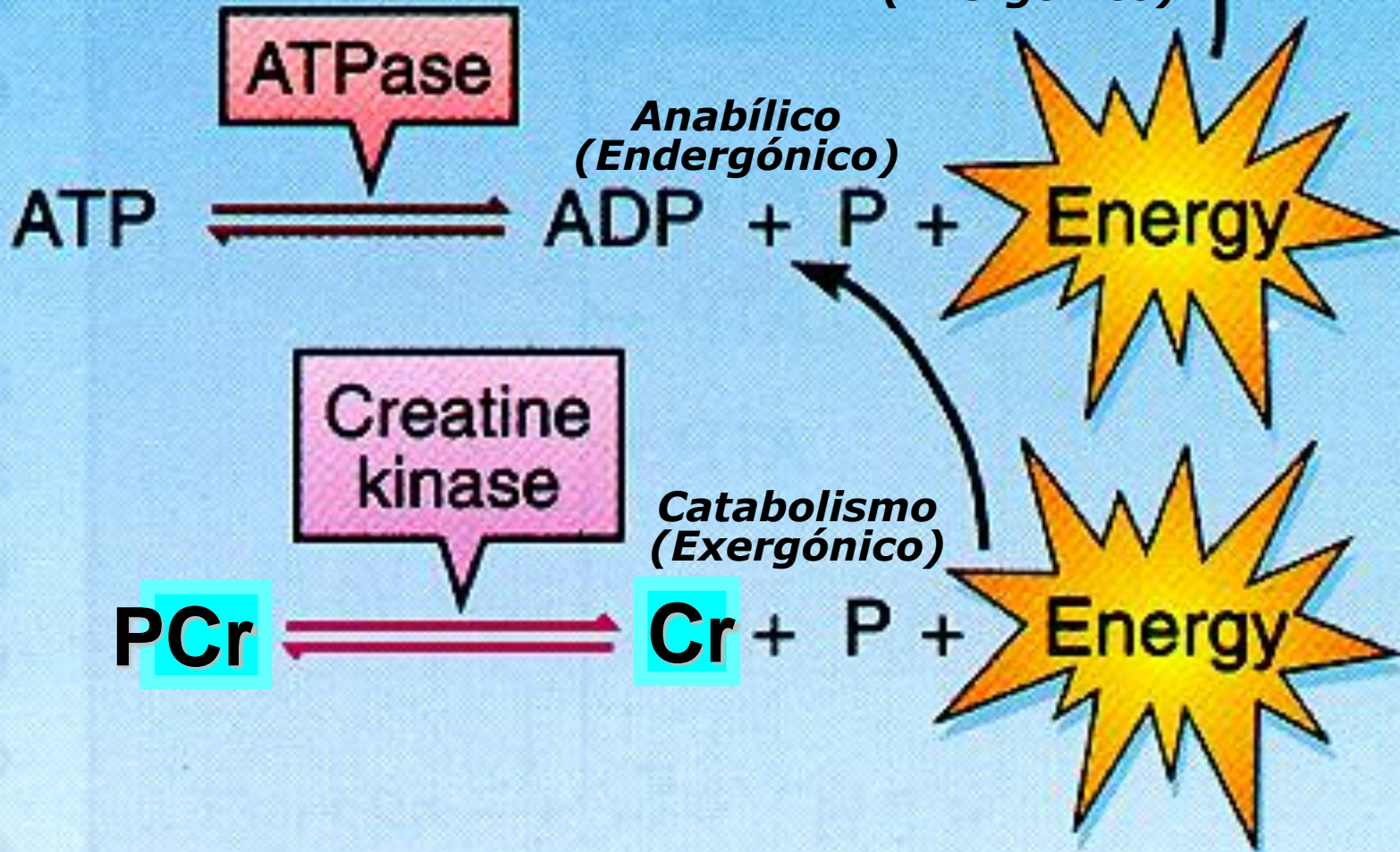


RESTAURACIÓN DEL ATP: *ENERGÍA DERIVADA DE LA PCr*



RESTAURANDO ATP VÍA PCr:

TRABAJO BIOLÓGICO:
Contracción Muscular





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



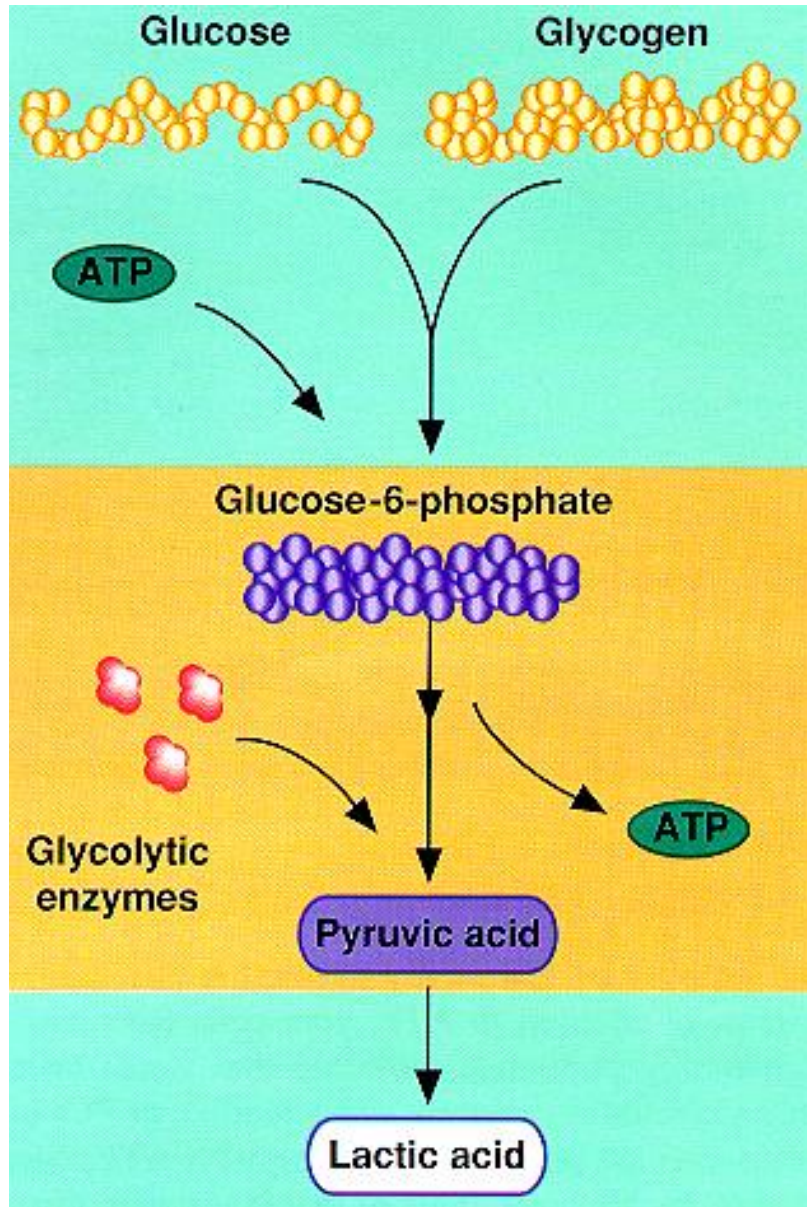
DEGRADAMIENTO Y SÍNTESIS DE LA *GLUCOSA Y EL GLUCÓGENO*

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

Gluconeogénesis—Proceso bioquímico que ocurre en el hígado, mediante el cual se sintetiza glucosa a partir de precursores de los hidratos de carbono, como lo son el lactato (vía ciclo de Cori), deaminación de las proteínas (e.g., alanina y glutamina) y los lípidos (e.g., el glicerol derivado de los triglicéridos)

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





SISTEMA GLUCOLÍTICO (GLUCÓLISIS ANAERÓBICA)

Toma lugar en:

Citoplasma/Sarcoplasma

Requiere:

**12 Reacciones Enzimáticas
para la
Descomposición del Glucógeno
en
Ácido Láctico**

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

Primeros Minutos (1 - 3 minutos)

Alimentos (CHO)

(Se Digieren y Catabolizan)

Forma/Sintetiza (Anabolismo)

Glucosa-1-Fosfato

(Insulina)

Viaja por la Sangre (99%)

(Su Catabolismo Forma)

ATP

(Catabolismo del ATP)

Glucogénesis (Síntesis- Anabolismo - de Glucógeno) Forma

Glucógeno Hepático (Hígado)

(cuando se necesita Energía)

Glucogenólisis (Glucagón) (Degradamiento- Catabolismo - del Glucógeno)

(Forma)

Glucosa-1-Fosfato

[ATP \xrightarrow{ATPasa} ADP + Pi + **Energía**]

(Anabolismo)

Glucosa-6-Fosfato

(Enzimas Aeróbicas)

(Anabolismo)

[ADP + Pi + **Energía** \xrightarrow{ATPasa} ATP]

Reacciones Acopladas

Ácido Pirúvico \rightarrow Sin O₂

Ácido Láctico

Ganancia Neta

1 Mol de Glucosa

(Catabolizado)

2 Moles de ATP

1 Mol de Glucógeno

(Catabolizado)

3 Moles de ATP

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^+

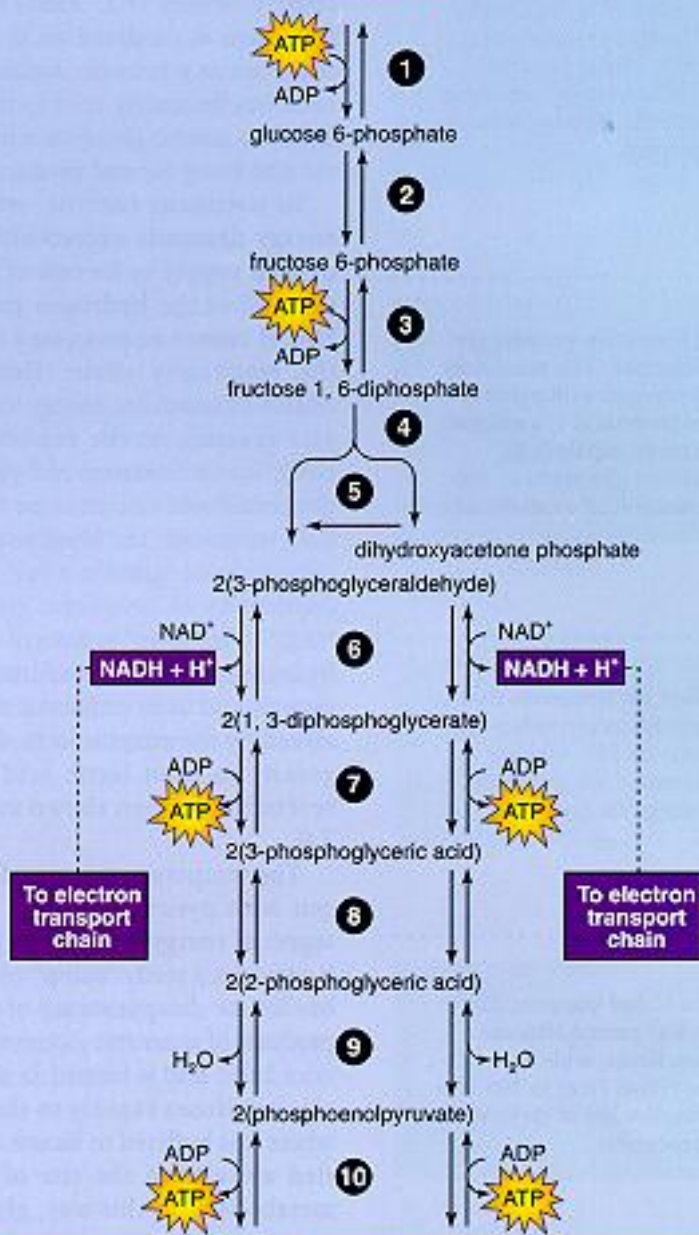
↓
Compuesto Restante se Une con

↓ ↓
 Na^+ ó K^+

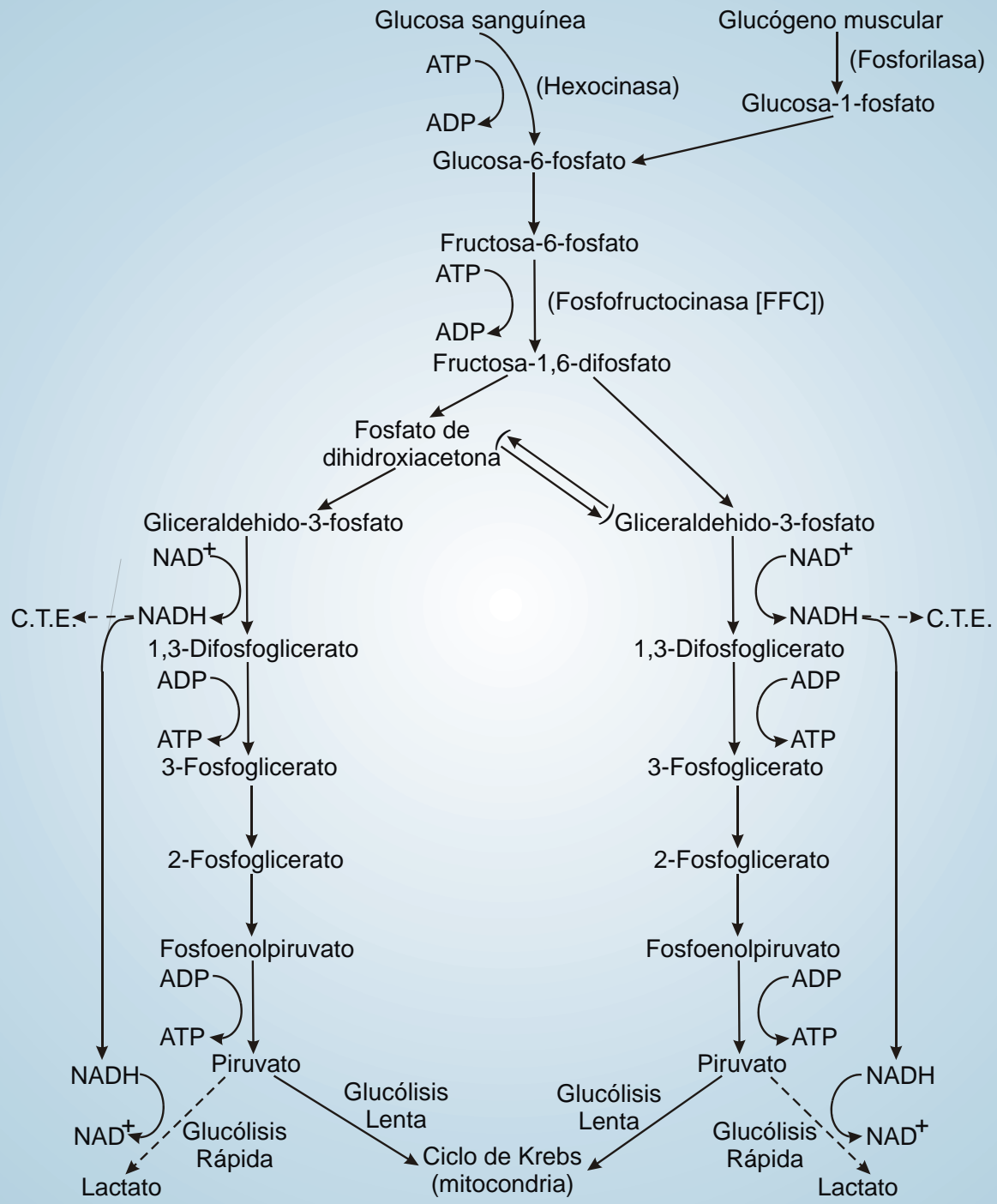
↓ (*Forma*)

↓
Sal
(LACTATO)

Glucose



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





METABOLISMO AERÓBICO



EL SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)

FUENTES DE ATP



PRODUCCIÓN AERÓBICA



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

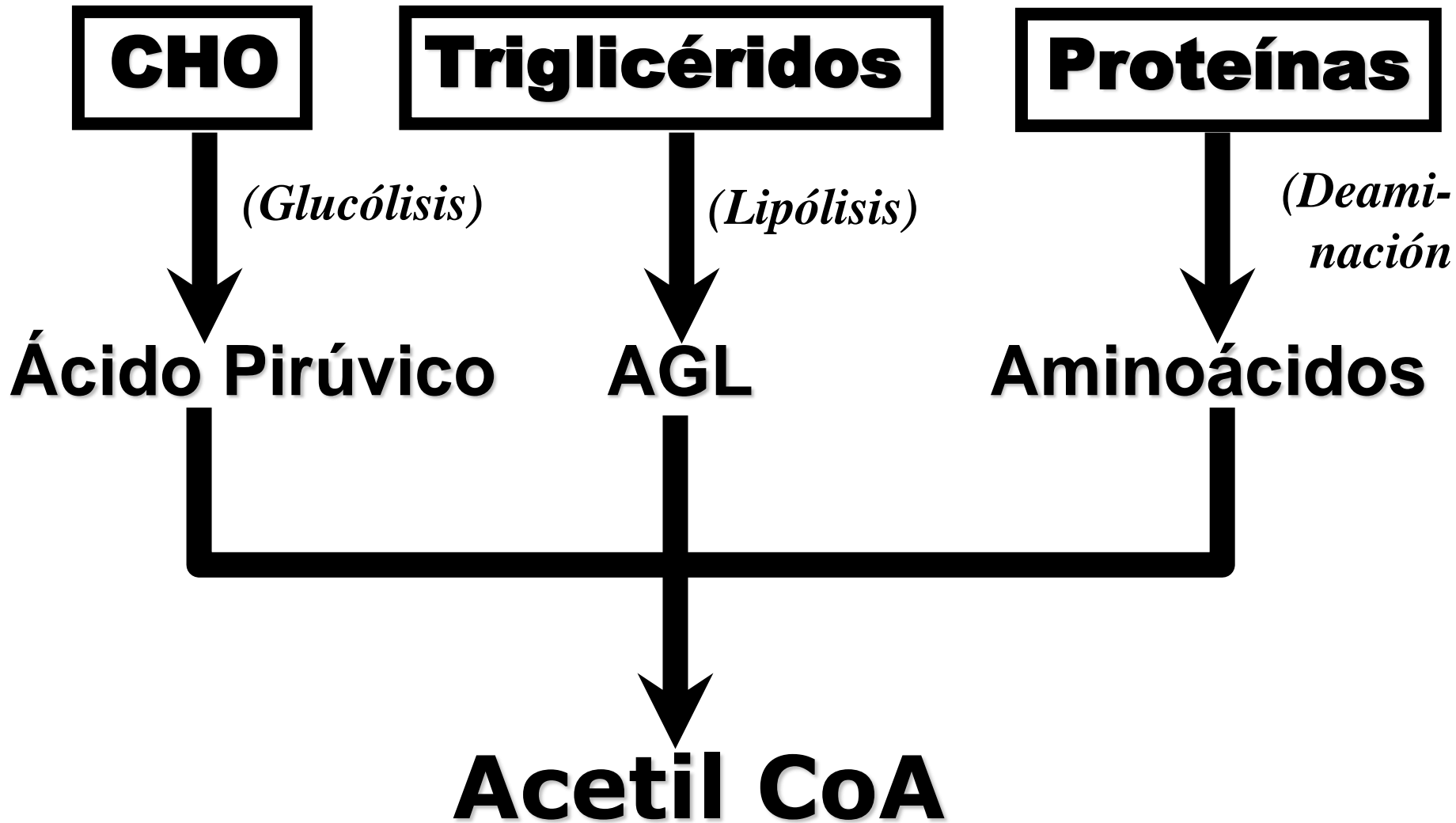
***Serie Cíclica de Reacciones
Enzimáticamente Catalizadas
que se Ejecutan mediante un
Sistema Multienzimas***



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



SISTEMA OXIDATIVO





SISTEMA OXIDATIVO

EVENTOS DE TOLERANCIA CARDIORRESPIRATORIA/AERÓBICA

Luego de 3 - 4 Minutos

(Se Activa)

SISTEMA OXIDATIVO
(Metabolismo Aeróbico)

(Respiración Celular)

Oxidación
(Con O₂)

Catabolismo de

CHO

Grasas
(Triglicéridos)

Proteínas

(Compuestas de: Aminoácidos)

Glucólisis Aeróbica
(Citoplasma/Sarcoplasma)

(Betaoxidación)

Deaminación

(Ácido Pirúvico)

Ácidos Grasos Libres (AGL)

Aminoácidos

(Acetil-CoA)

CICLO DE KREBS

Cadena de Transporte
de Electrones

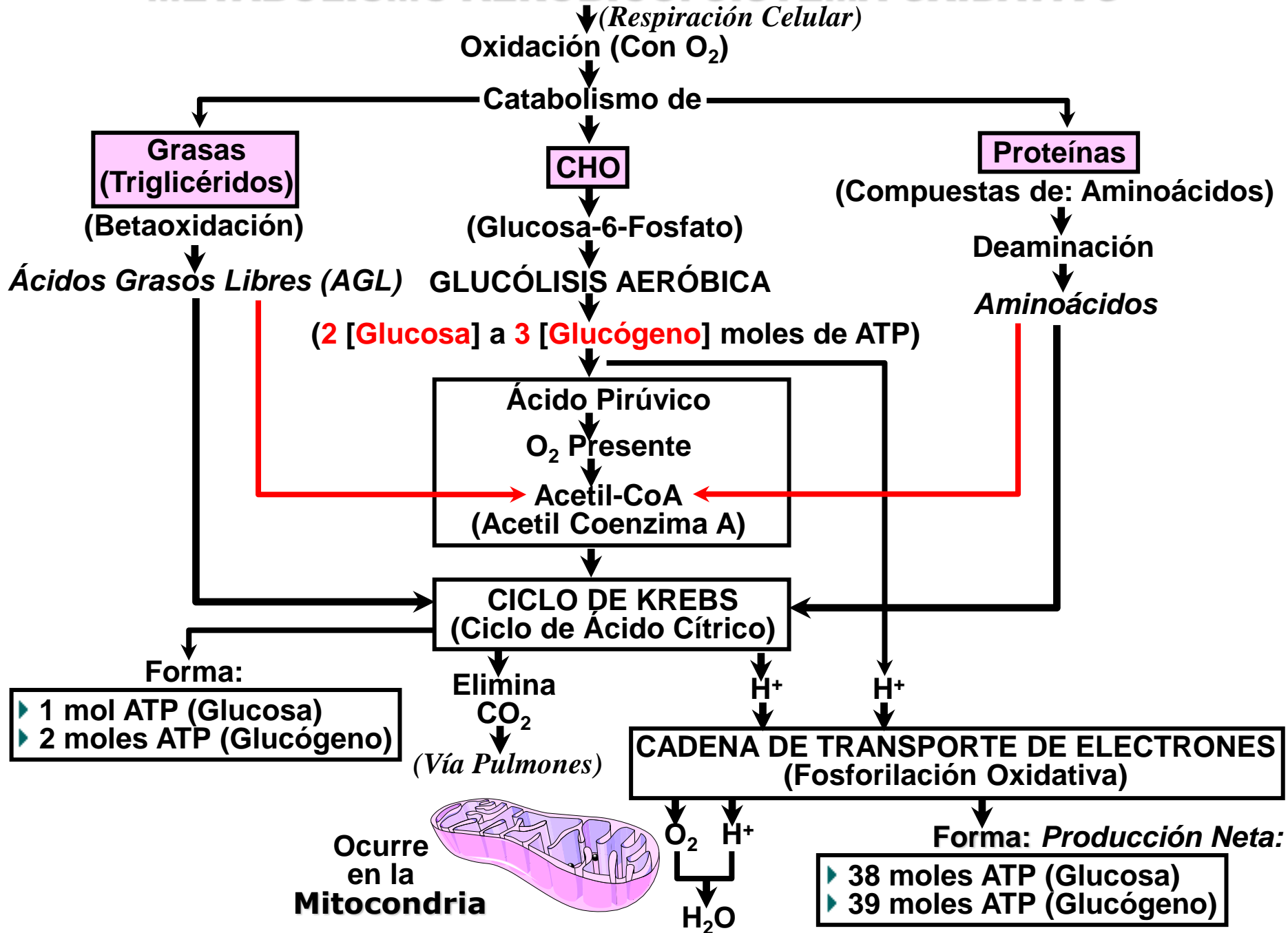
Mitocondria

H₂O

CO₂

38 ó 39
Moles de ATP

METABOLISMO AERÓBICO: *SISTEMA OXIDATIVO*





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 (METABOLISMO AERÓBICO)

GLUCÓLISIS AERÓBICA CICLO DE KREBS



(Se combinan con: Coenzimas:)

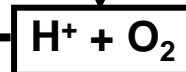


(Trasportan H^+ hacia:)

**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^+

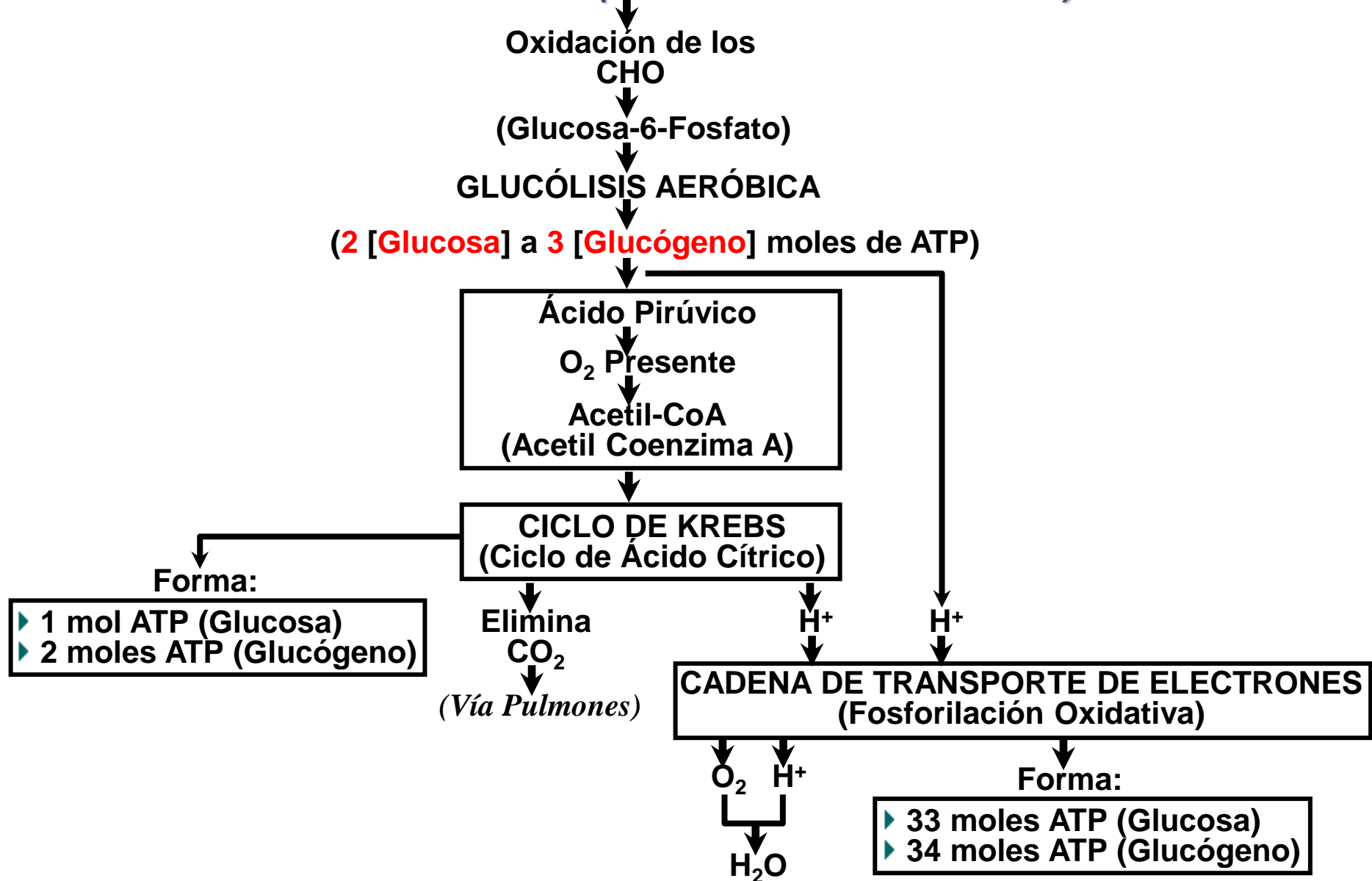
Pasan por Serie de Reacciones

Energía para

Fosforilación de ADP → ATP
(Fosforilación Oxidativa)

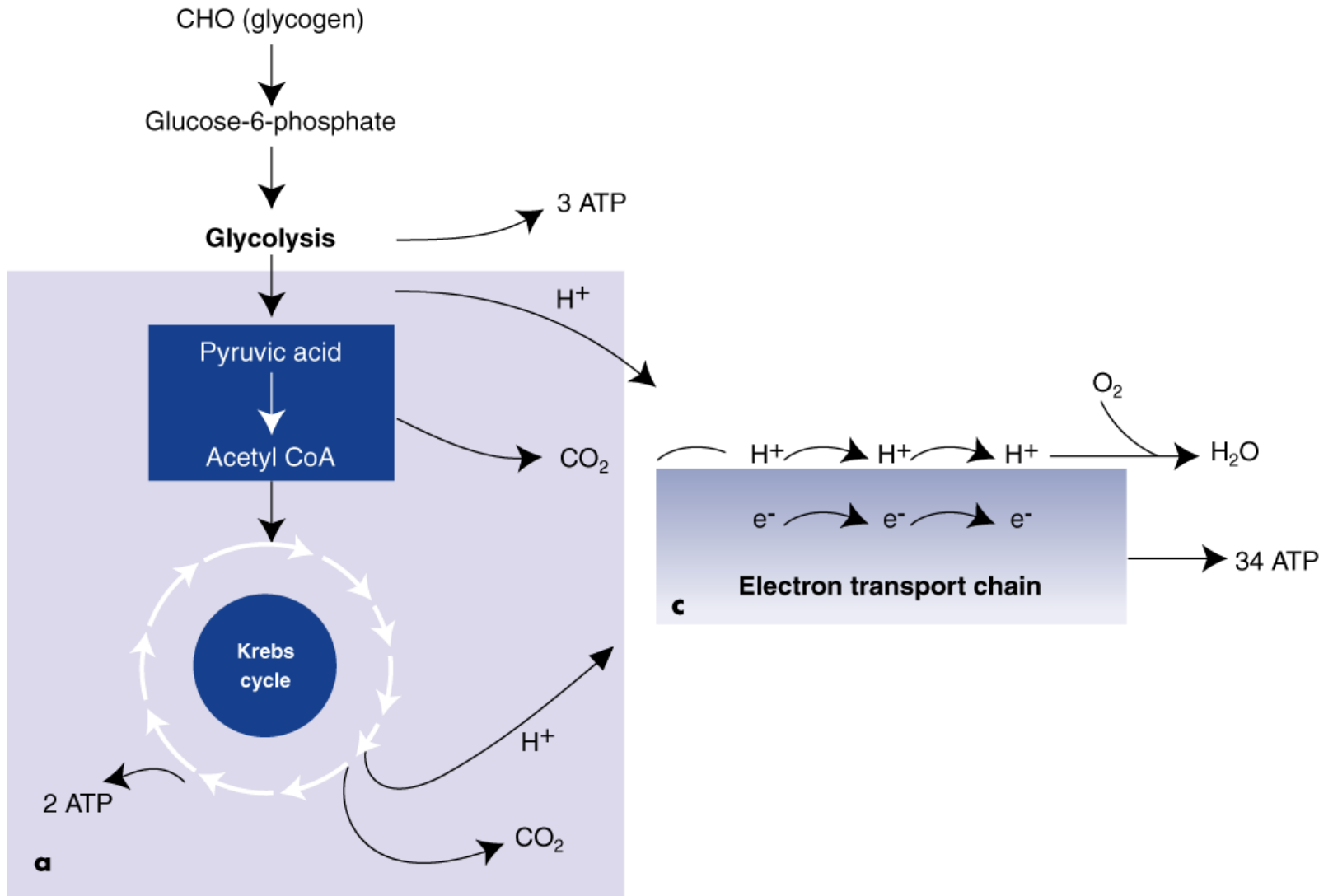


SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO)



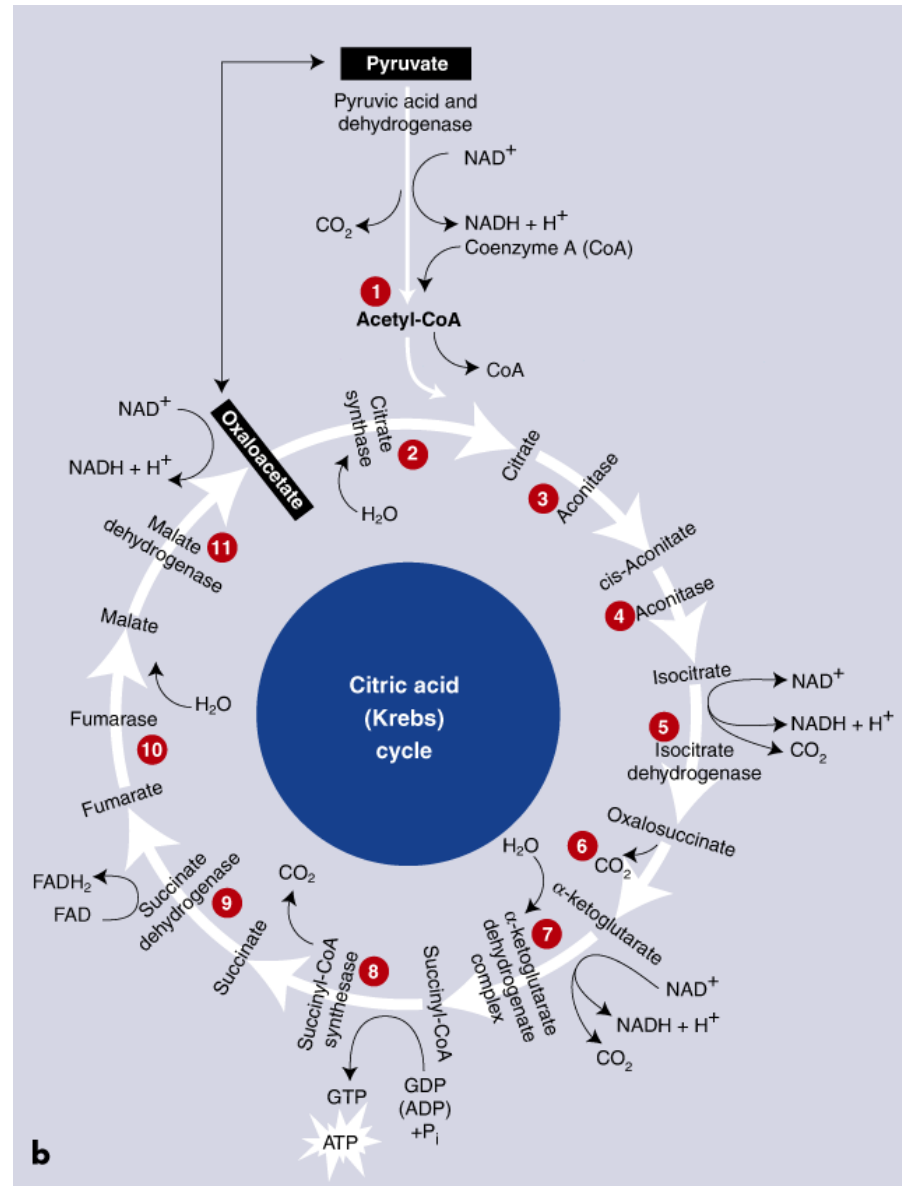


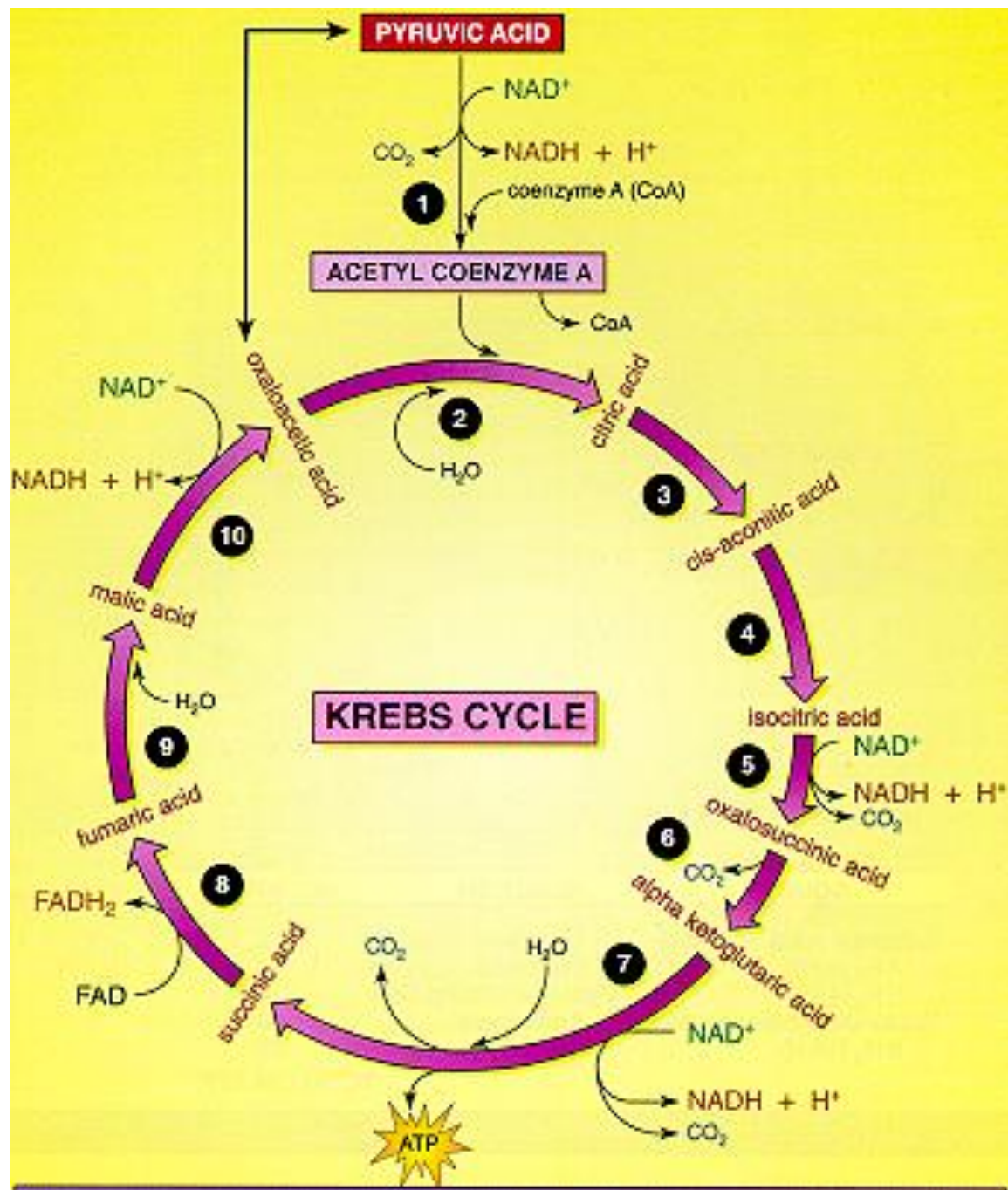
GLUCÓLISIS AERÓBICA Y LA CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRÓNES

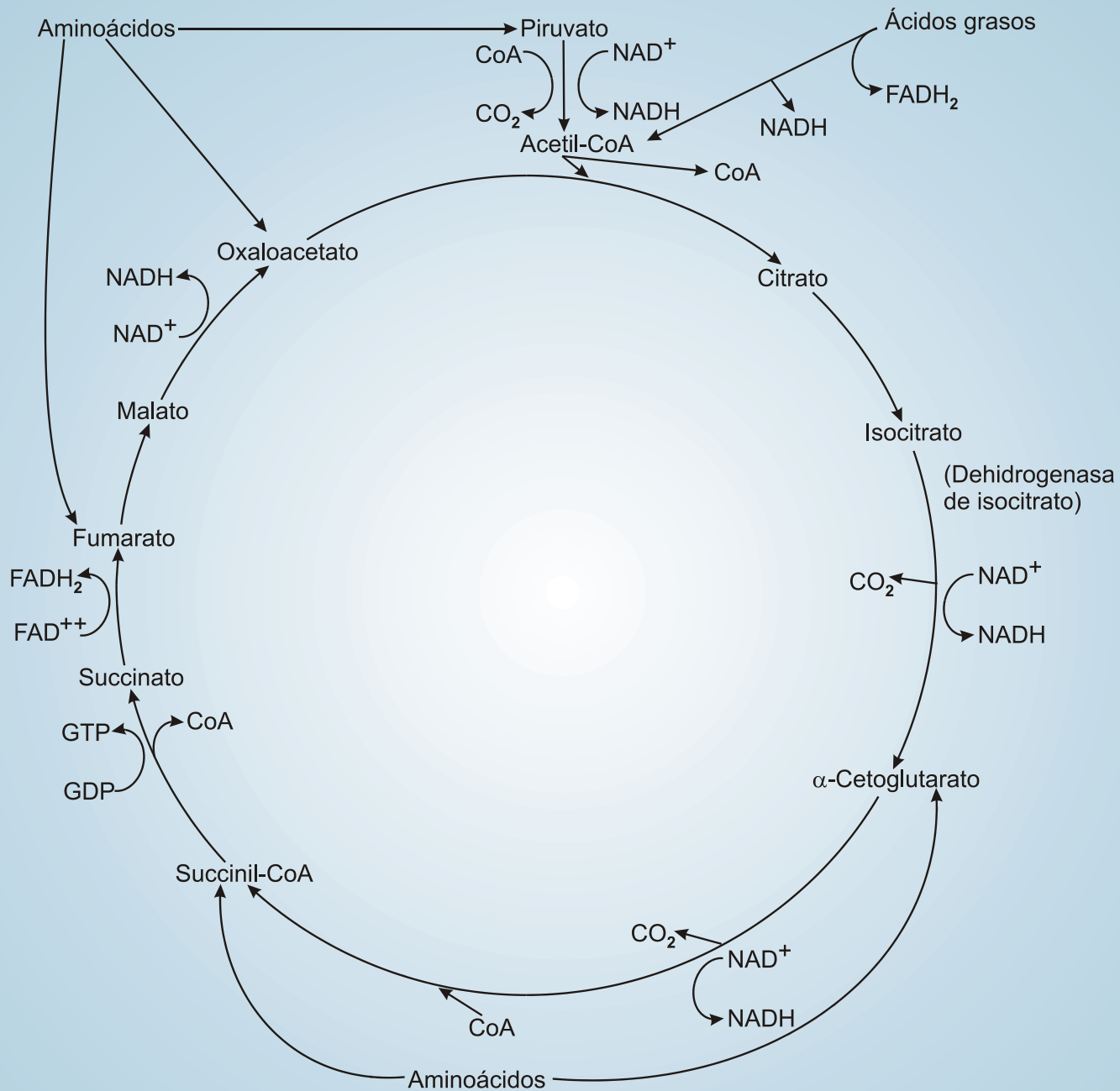




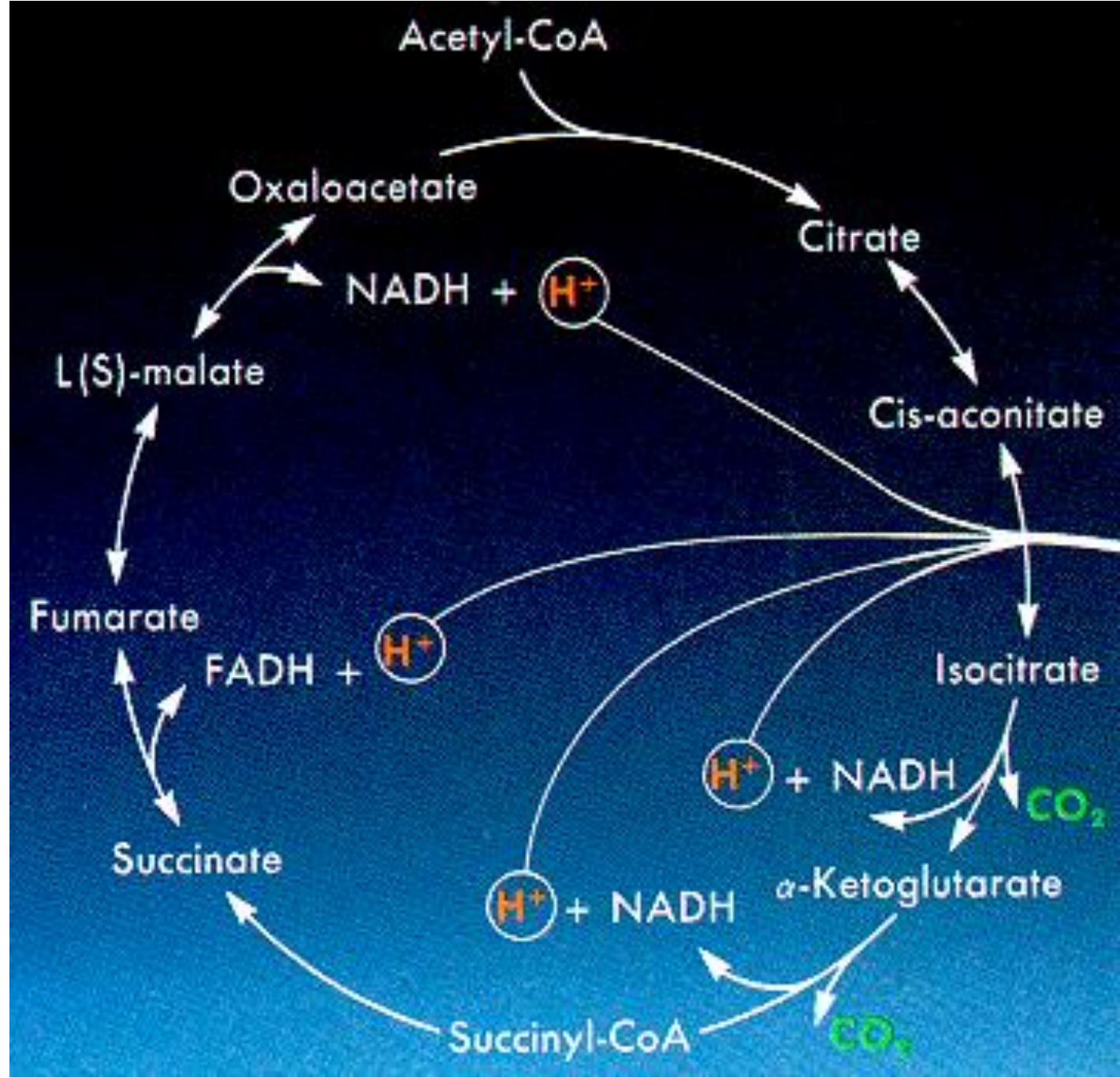
CICLO DE KREBS





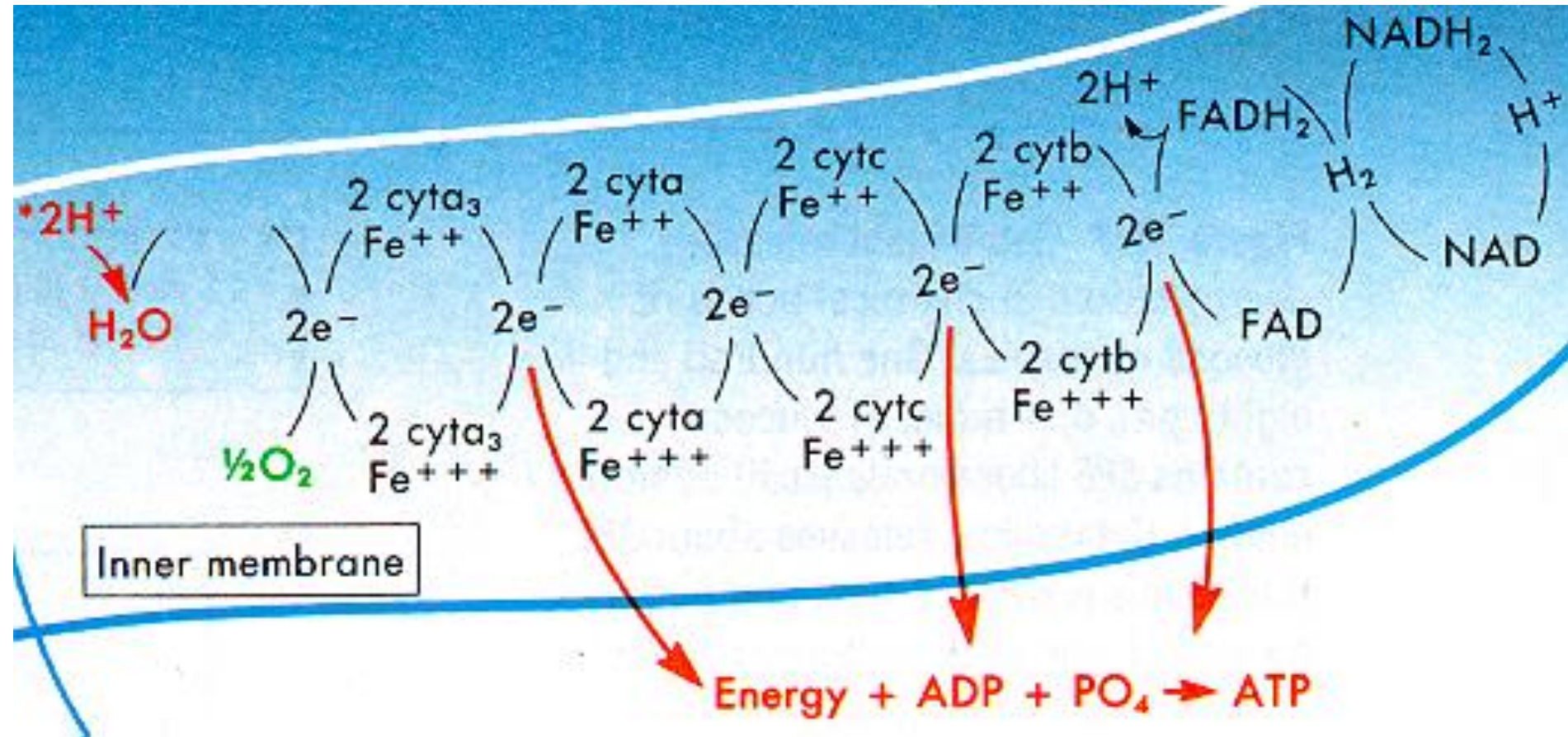


El ciclo de Krebs. CoA = coenzima A; FAD⁺⁺/FADH₂ = flavina adenina dinucleótido; GDP = guanosina difosfato; GTP = guanosina trifosfato; NAD/NADH = nicotinamida adenina dinucleótido.



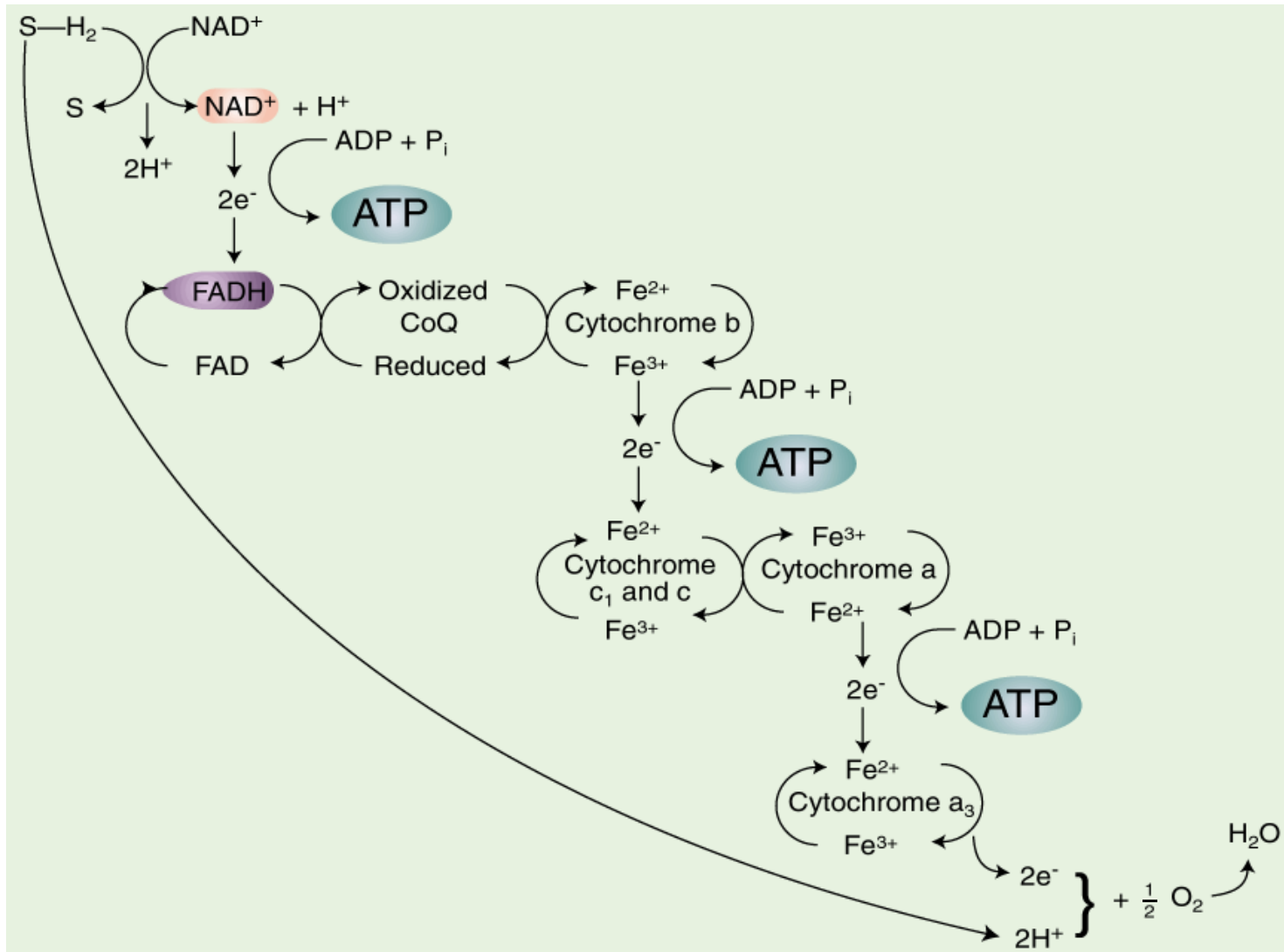


CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)



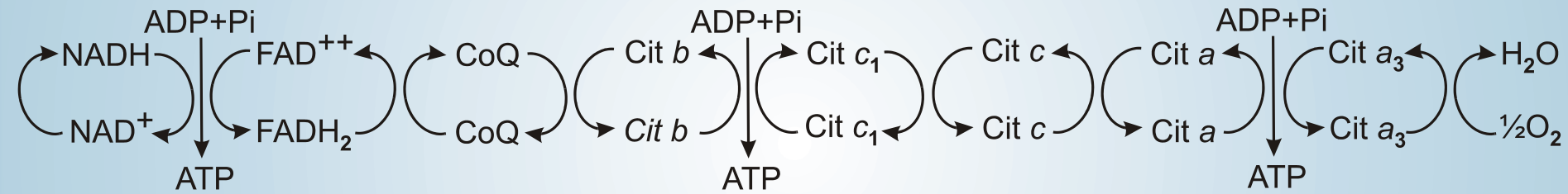


FOSFORILACIÓN OXIDATIVA:





CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNICO (FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)



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

**Phosphorylated
substrate**

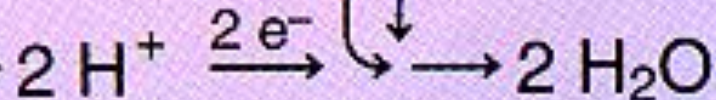


**Electron transport
chain**

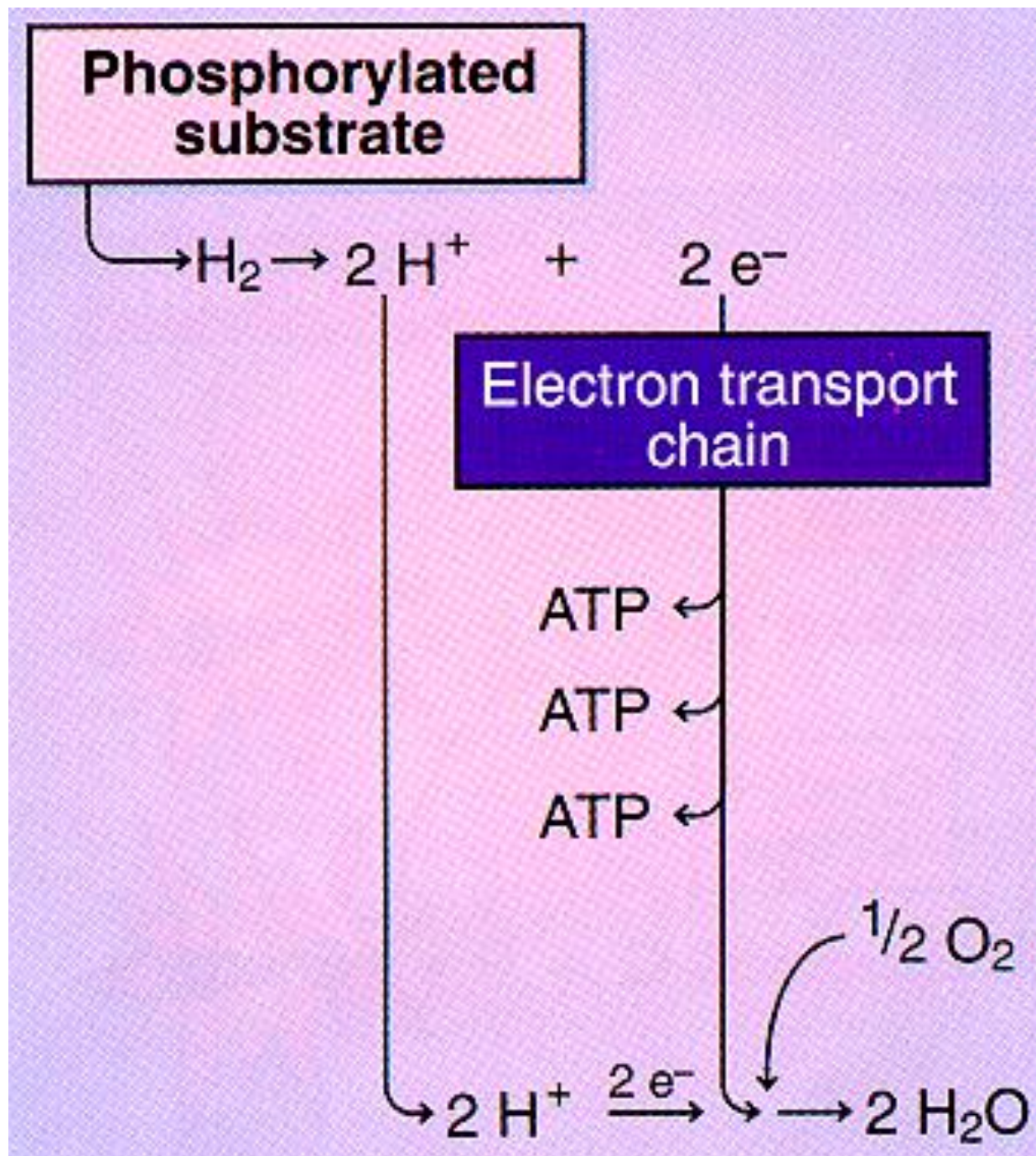
ATP ←

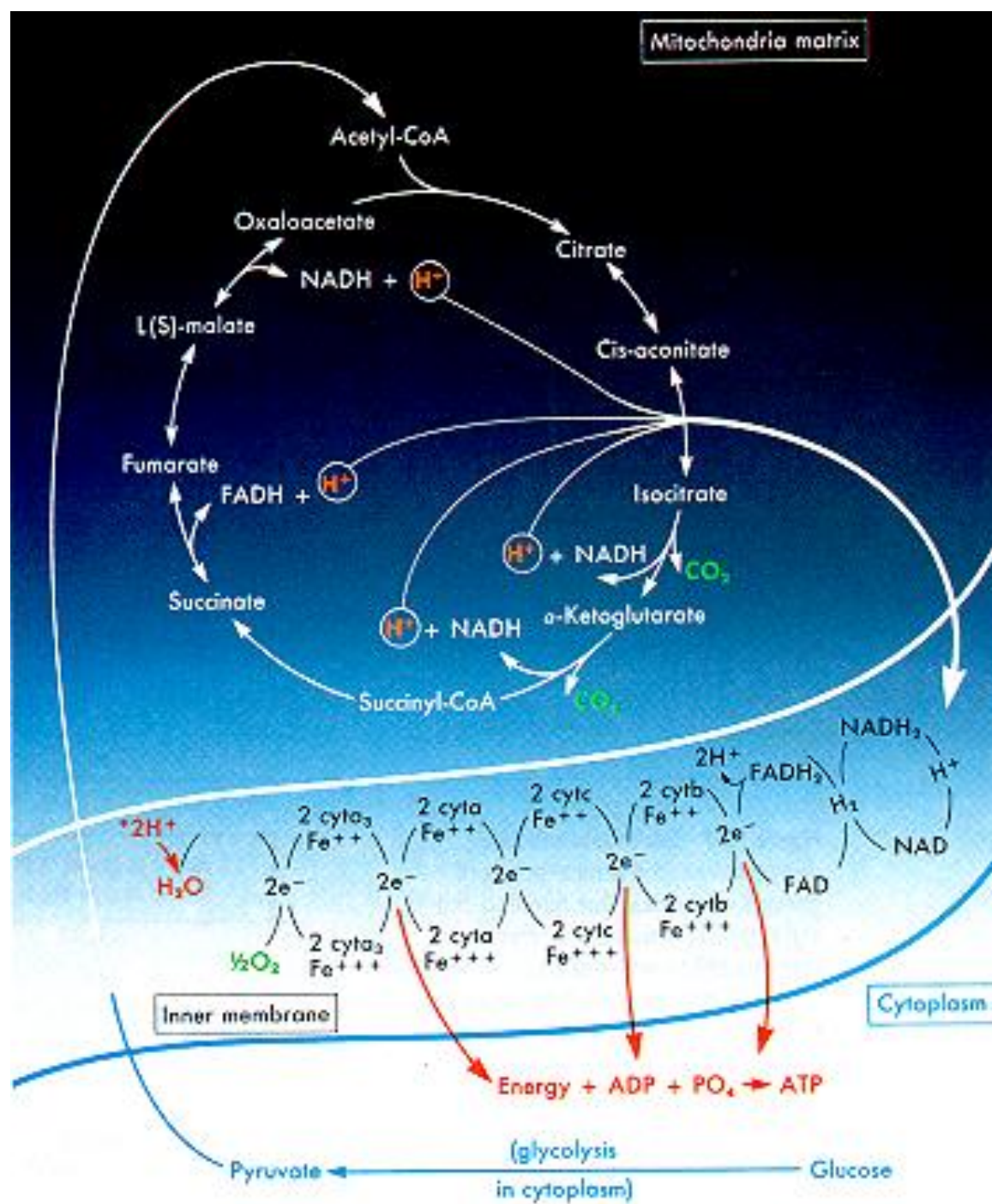
ATP ←

ATP ←



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







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)



SISTEMA OXIDATIVO

1 Mol de Glucosa o AGL

↓

Metabolismo

↓

Energía Liberada

40 %

↓

Capturada para Formar
ATP

60 %

↓

Disipada como
Calor

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)

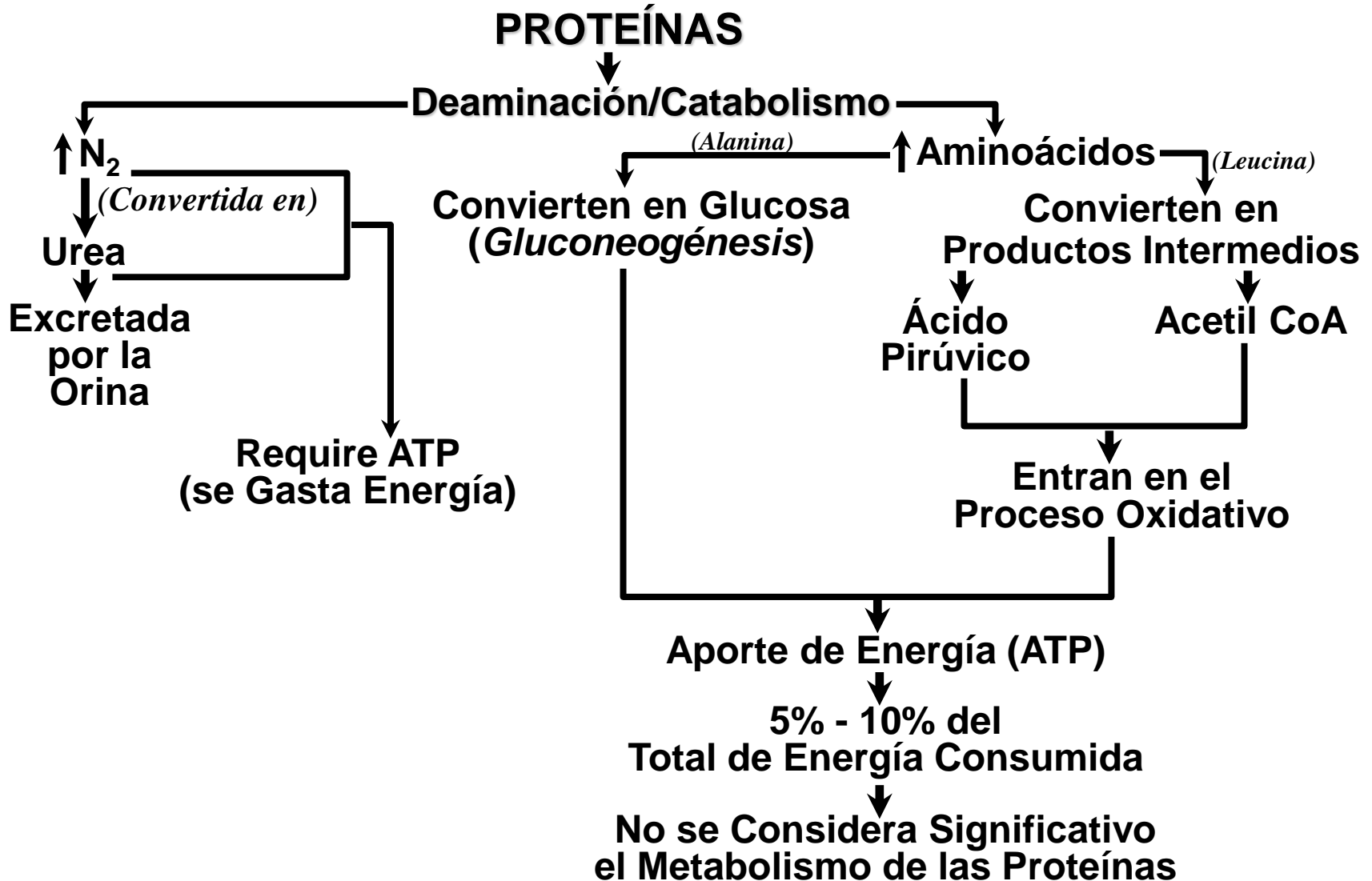
ATP

H₂O

CO₂



METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS



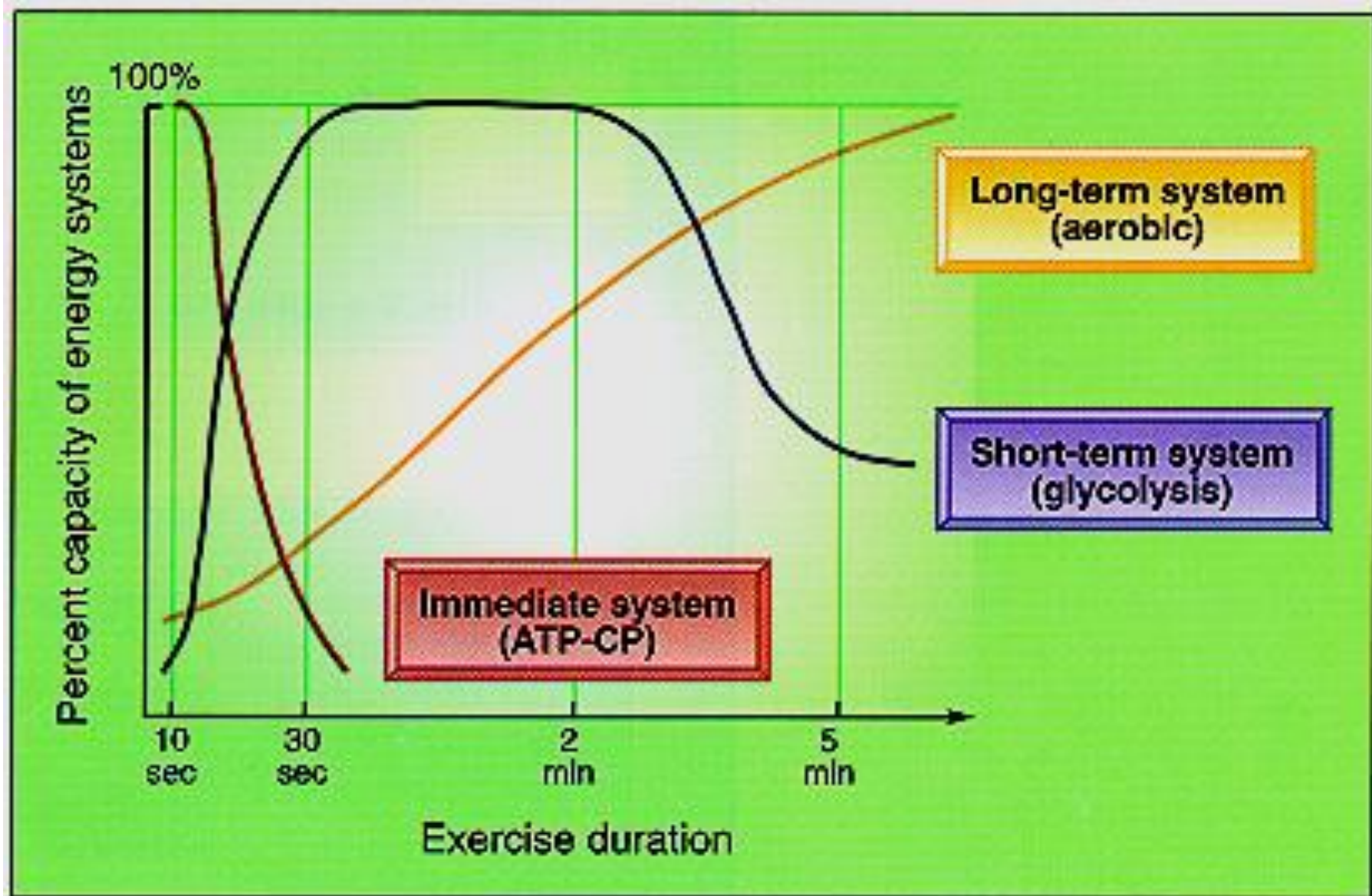


FIGURE 12-1. The three systems of energy transfer, and their relative degree of activation during all-out exercise of different durations.



EL CONTINUUM ENERGÉTICO

Concepto

La Capacidad de Cualquier Sistema Energético para Suministrar ATP se Vincula con el Tipo Específico de Actividad Física



INTERACCIÓN DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS ILUSTRANDO EL SISTEMA ENERGÉTICO PREDOMINANTE

