Saludmed.com
Ciencias del Movimiento Humano y de la Salud

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/fisiologiaejercico/fisiologiaejercicio.html*

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***.

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.

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

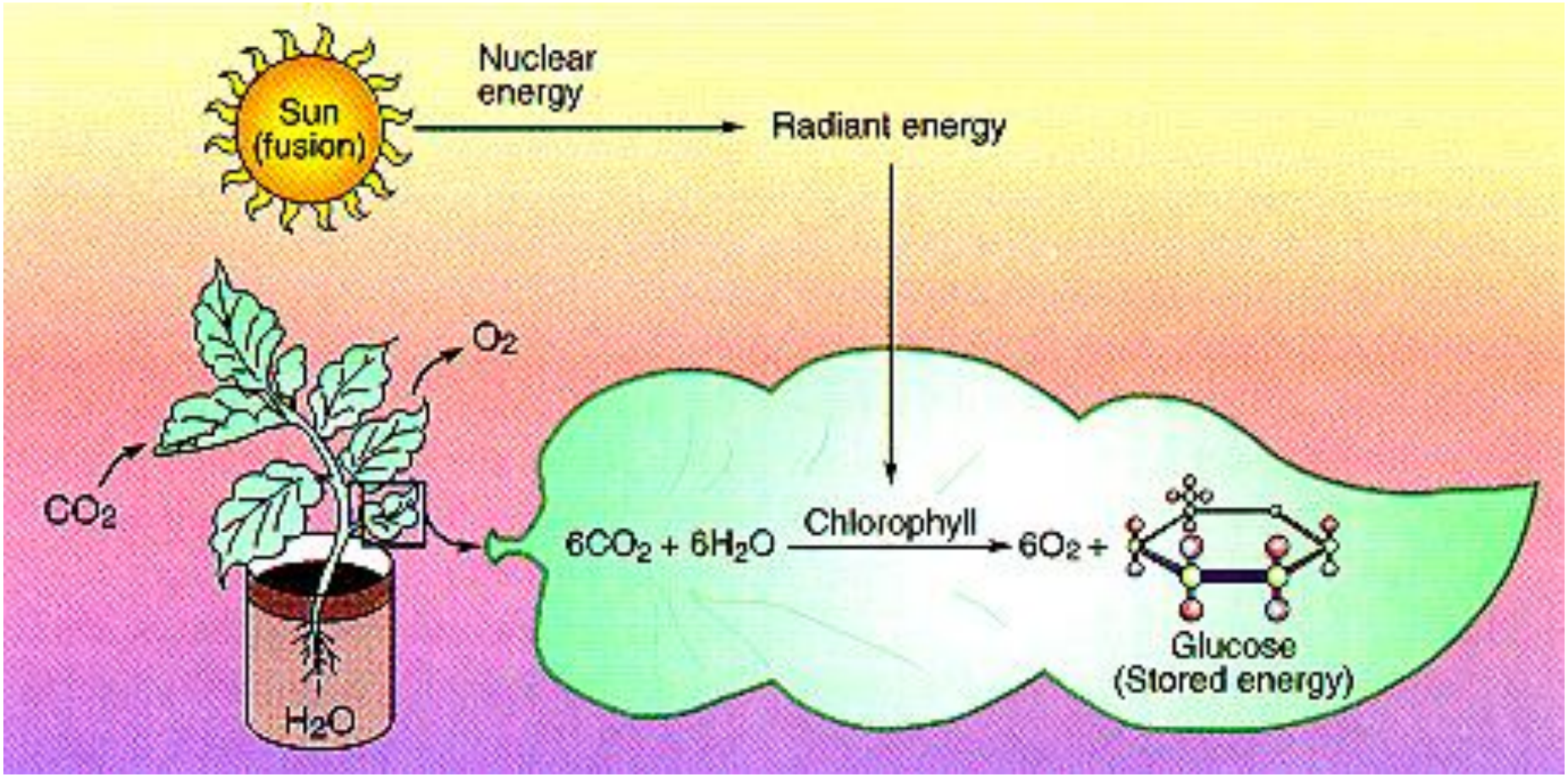
UNIDADES DE EXPRESIÓN: *ENERGÍA*

* 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 esta gastando 3,000 kcal por día.

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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

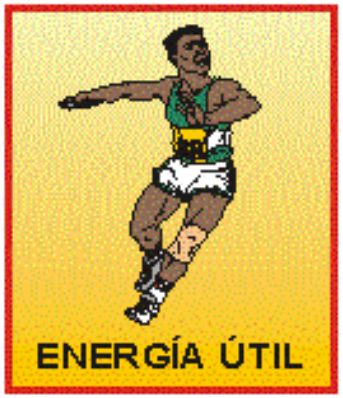
↓

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

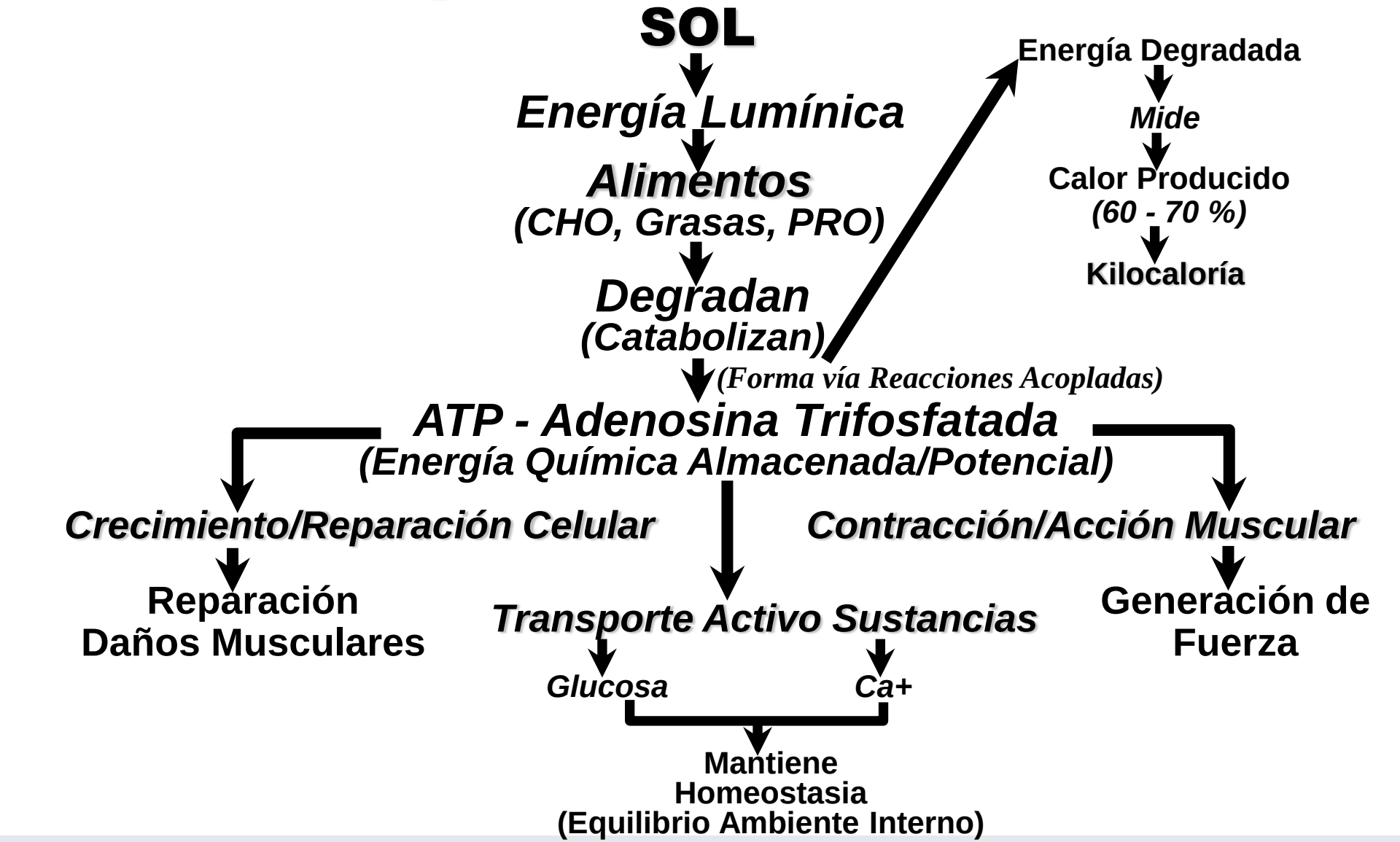
Se Descomponen en las Células para liberar Energía Almacenada

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

EL CICLO BIOLÓGICO DE LA ENERGÍA



ENERGÍA: para la Actividad Celular



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ENERGÍA: para la Actividad Celular

ENERGÍA LIBRE
(Energía en un Estado Organizado)

↓

Disponible para Trabajo Biológico Útil

- ***Crecimiento y Reparación Celular***
- ***Transporte Activo de Sustancias***
- ***Contracción Muscular y la Generación de Fuerza***

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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*

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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.

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

TERMODINÁMICA

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

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

TERMODINÁMICA

Sistema

Conjunto de Materia

Medio

Todo el Resto de la Materia

Universo

Sistema + Medio

Aspectos que Estudia la Termodinámica

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ENERGÍA

Potencial:

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

Cinética:

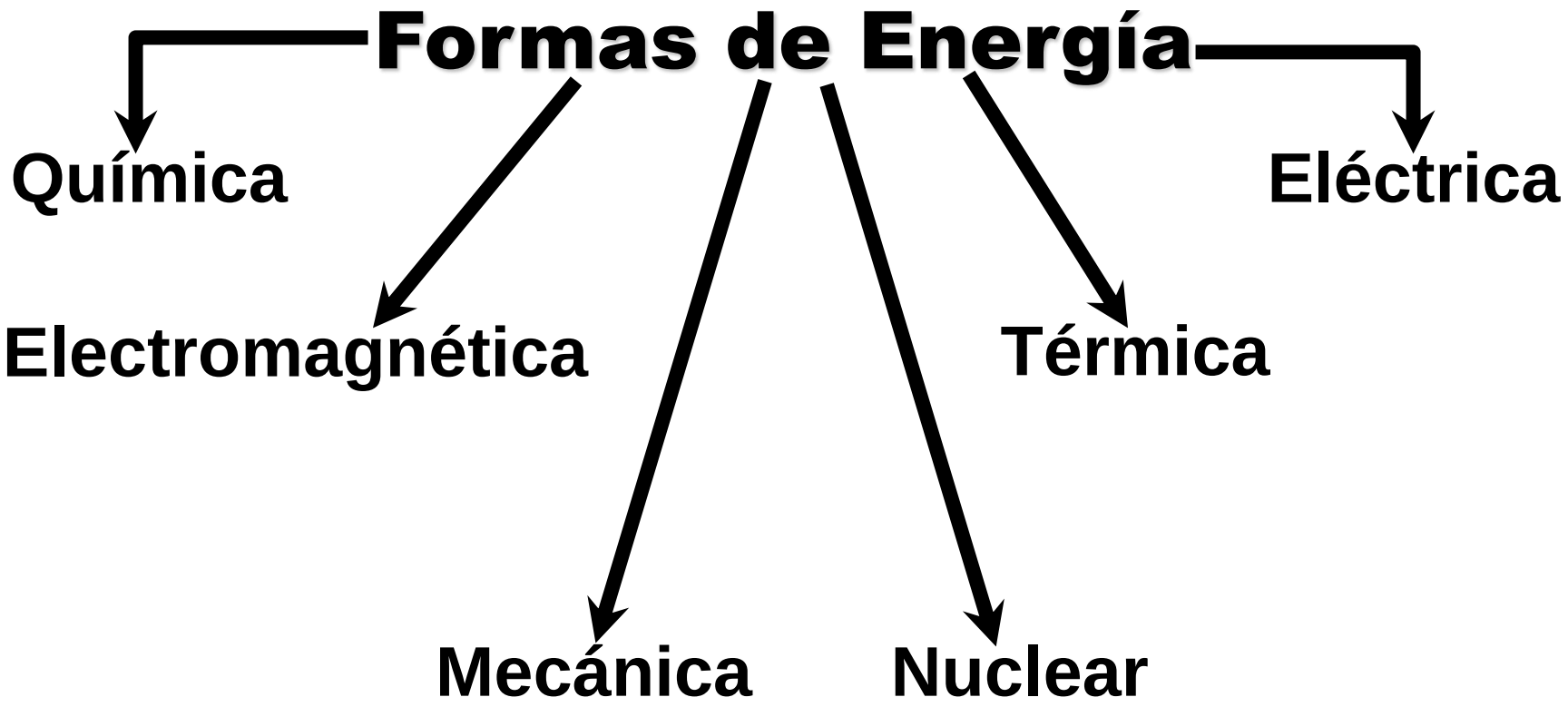
- Forma Activa de la Energía
- Energía en el Proceso de Realización de Trabajo

Energía Química:

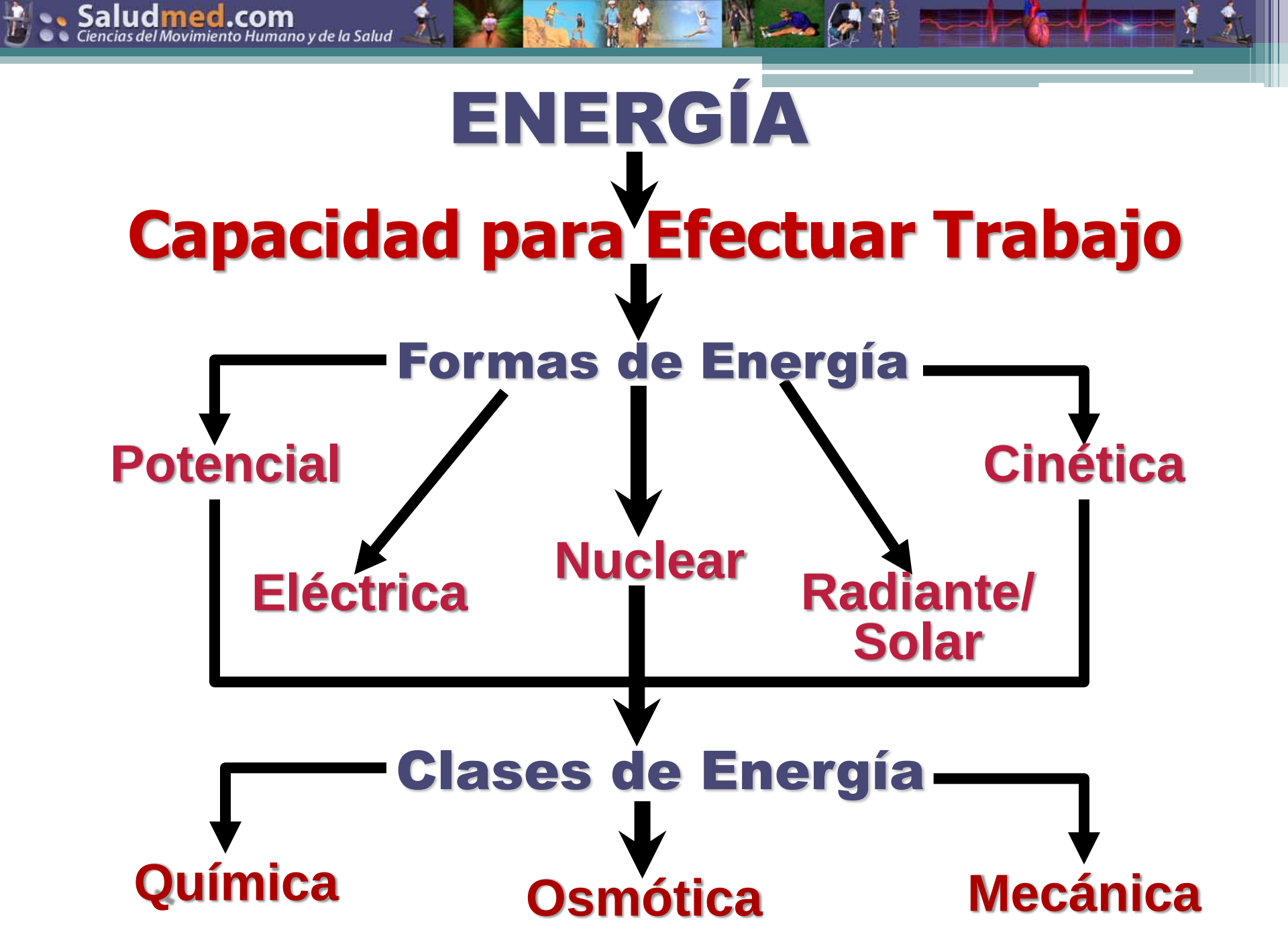
- Aquella Almacenada en Moléculas Químicas
- Ejemplo: La Célula Muscular

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ENERGÍA

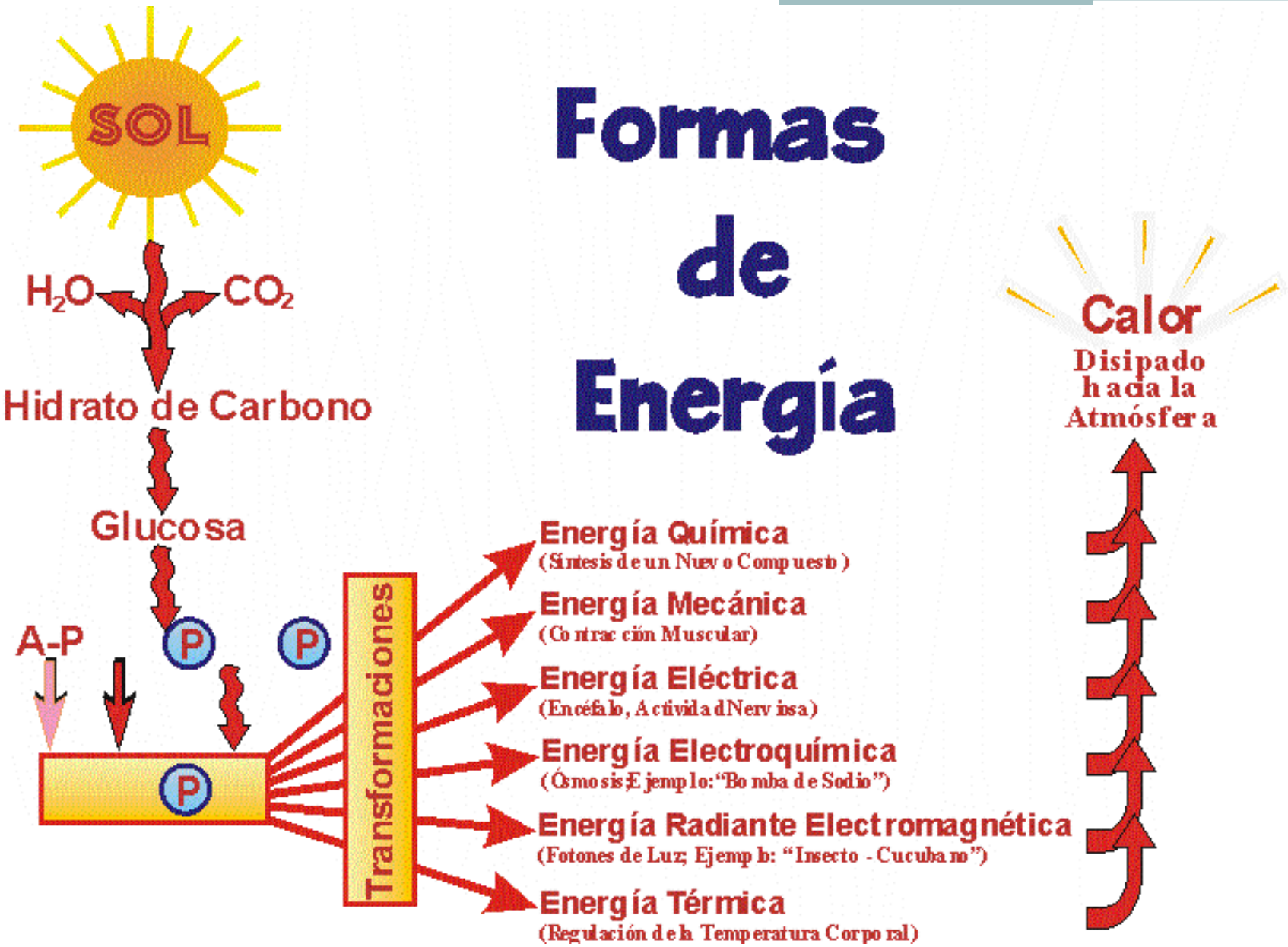


Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Formas de Energía



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE ENERGÍA

Termodinámica

- 1ra Ley *(Conservación De Energía)*
- 2da Ley

Reacciones Químicas Celulares

- Reacciones Endergónicas *(Se le Añade Energía)*
- Reacciones Exergónicas *(Libera Energía)*

Enzimas *(Regulan la Velocidad de las Reacciones Químicas)*

Reacciones *Acopladas*

- Reacciones Liberadores de Energía *(Exergónicas)*
- Reacciones que Requieren Energía *(Endergónicas)*

Acopladas a *(Promueven/Conducen)*

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2$
(Glucosa)

(Reactante o Sustrato)

↓

Se Degrada
Vía
Oxidación Celular

↓

Se
Libera
Energía Libre
(Reacción Exergónica)

$6CO_2 + 6H_2O$

(Bióxido de Carbono) *(Agua)*

(Producto)

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

METABOLISMO

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

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

METABOLISMO CELULAR

CATABOLISMO

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

ANABOLISMO:

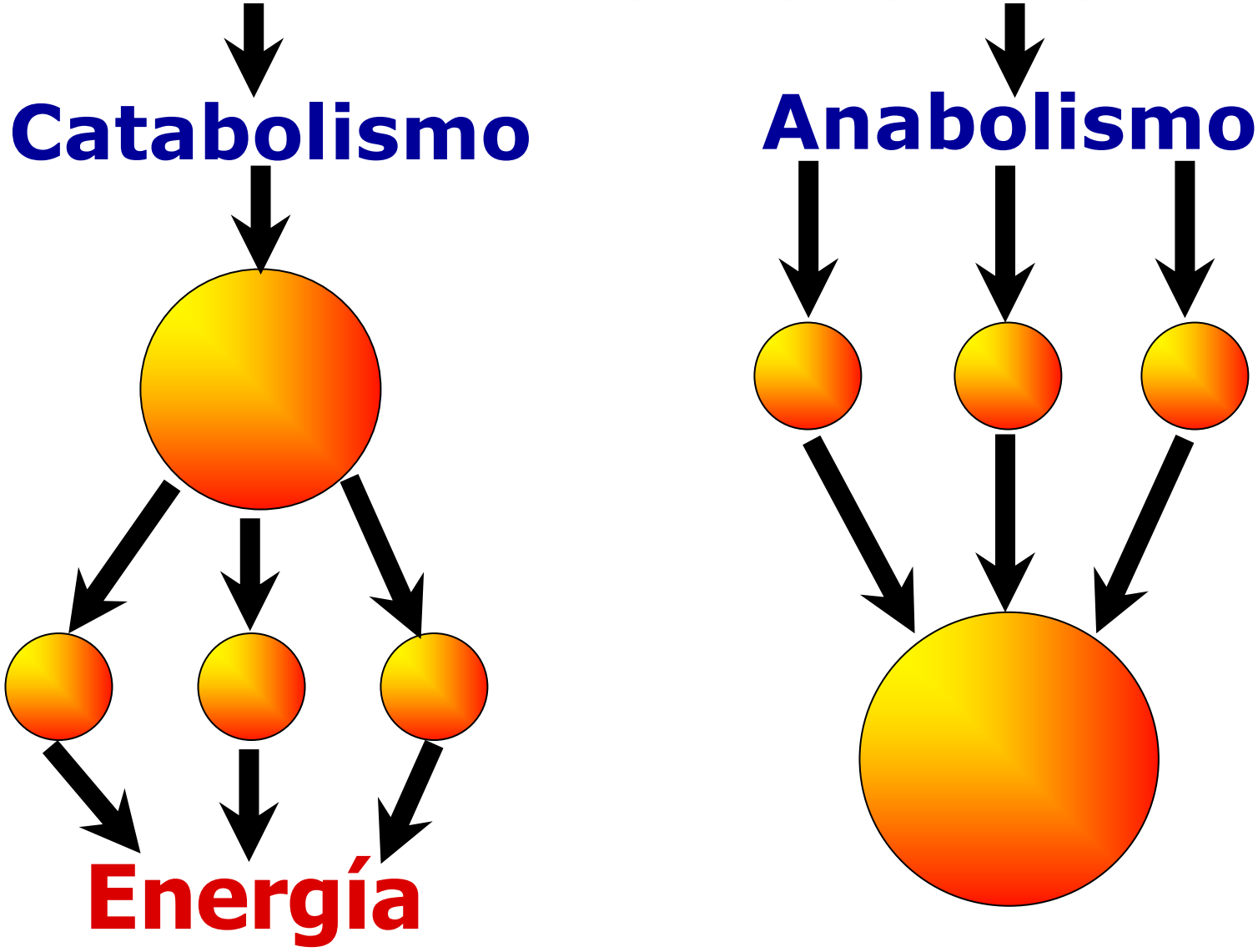
- Proceso de Síntesis
- Recurre a Energía para Elaborar Moléculas Mayores a Partir de Moléculás Pequeñas

HOMEOSTASIS:

Balance Constante entre el Catabolismo y Anabolismo

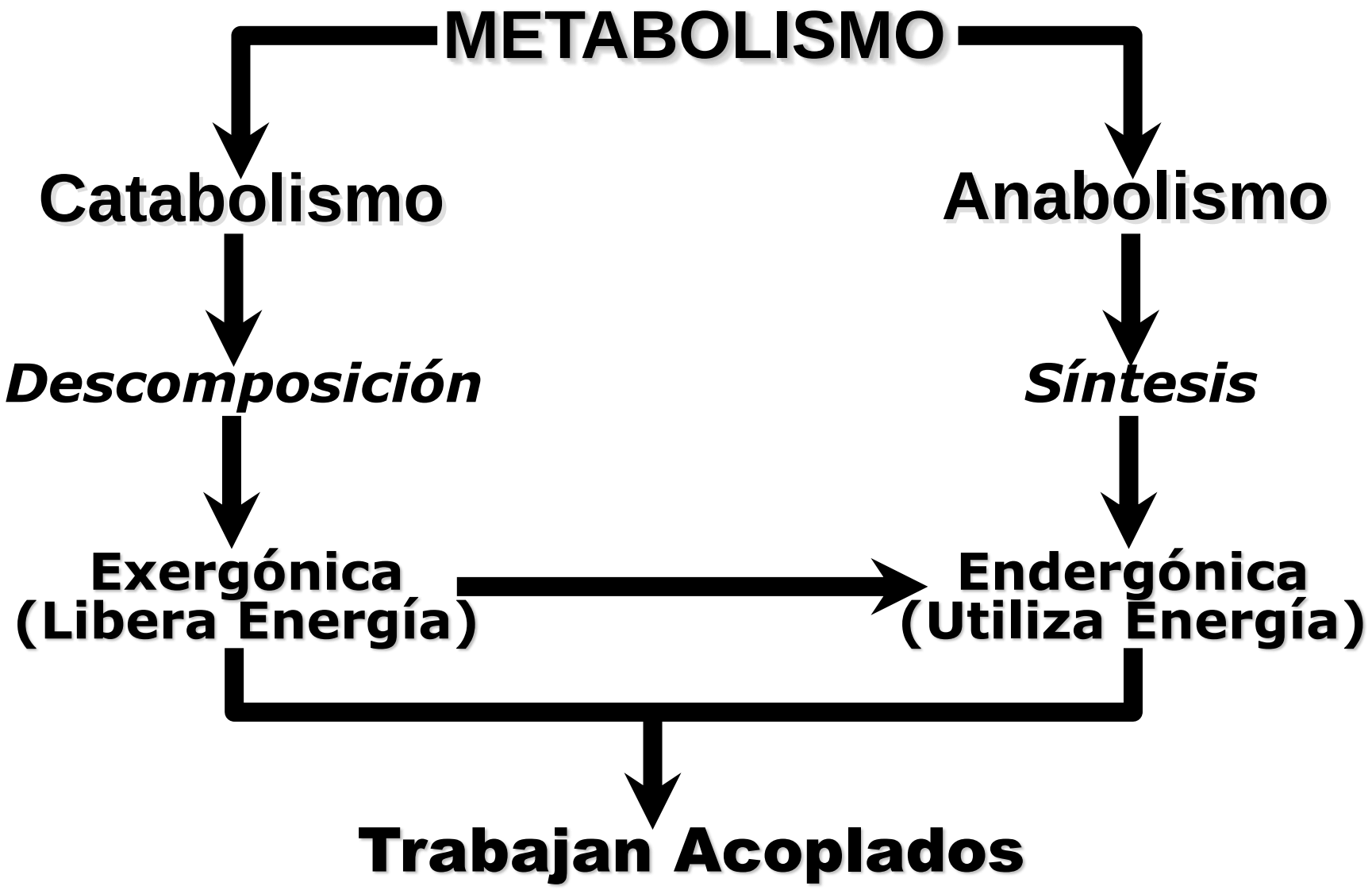
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

METABOLISMO CELULAR

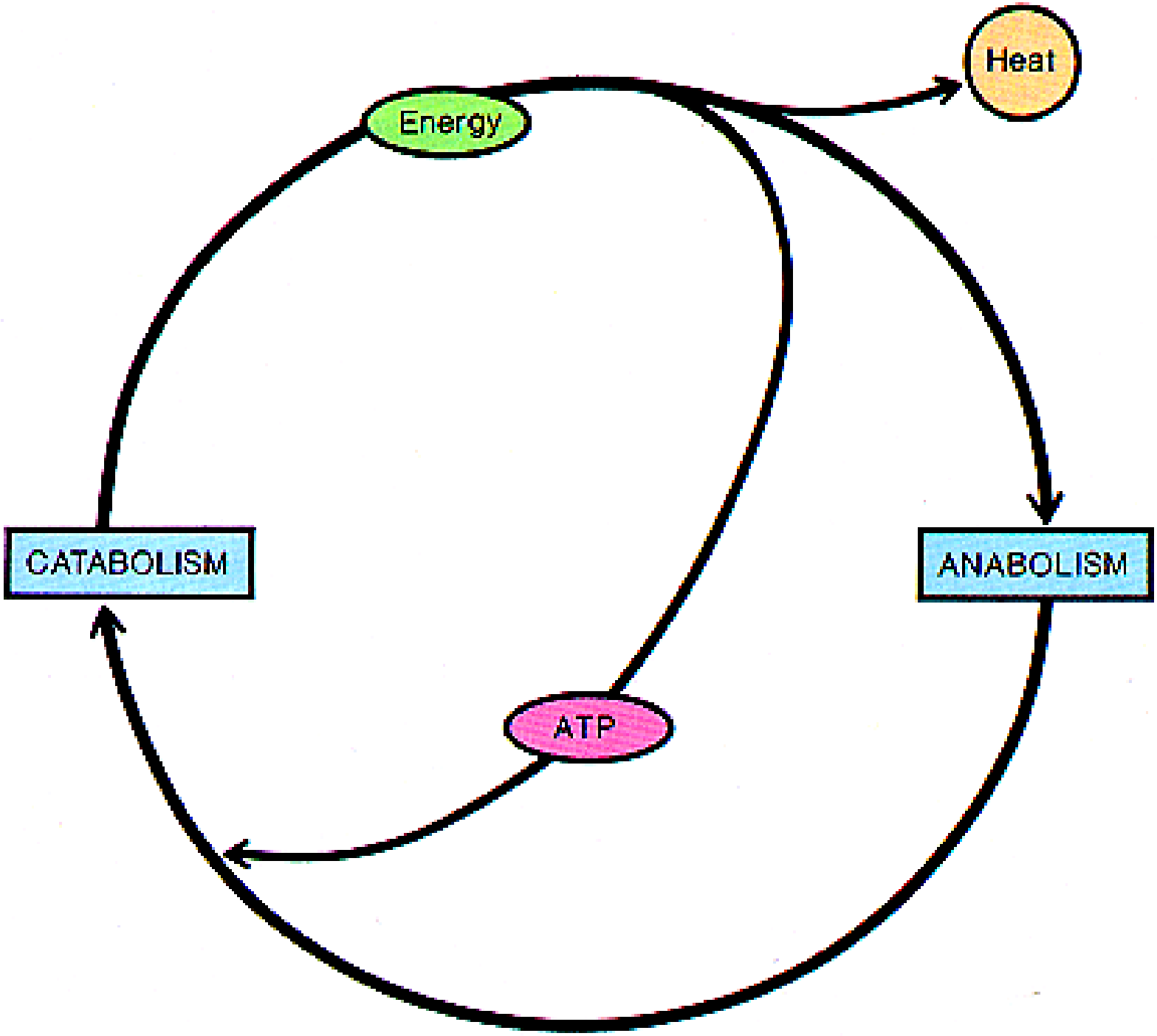


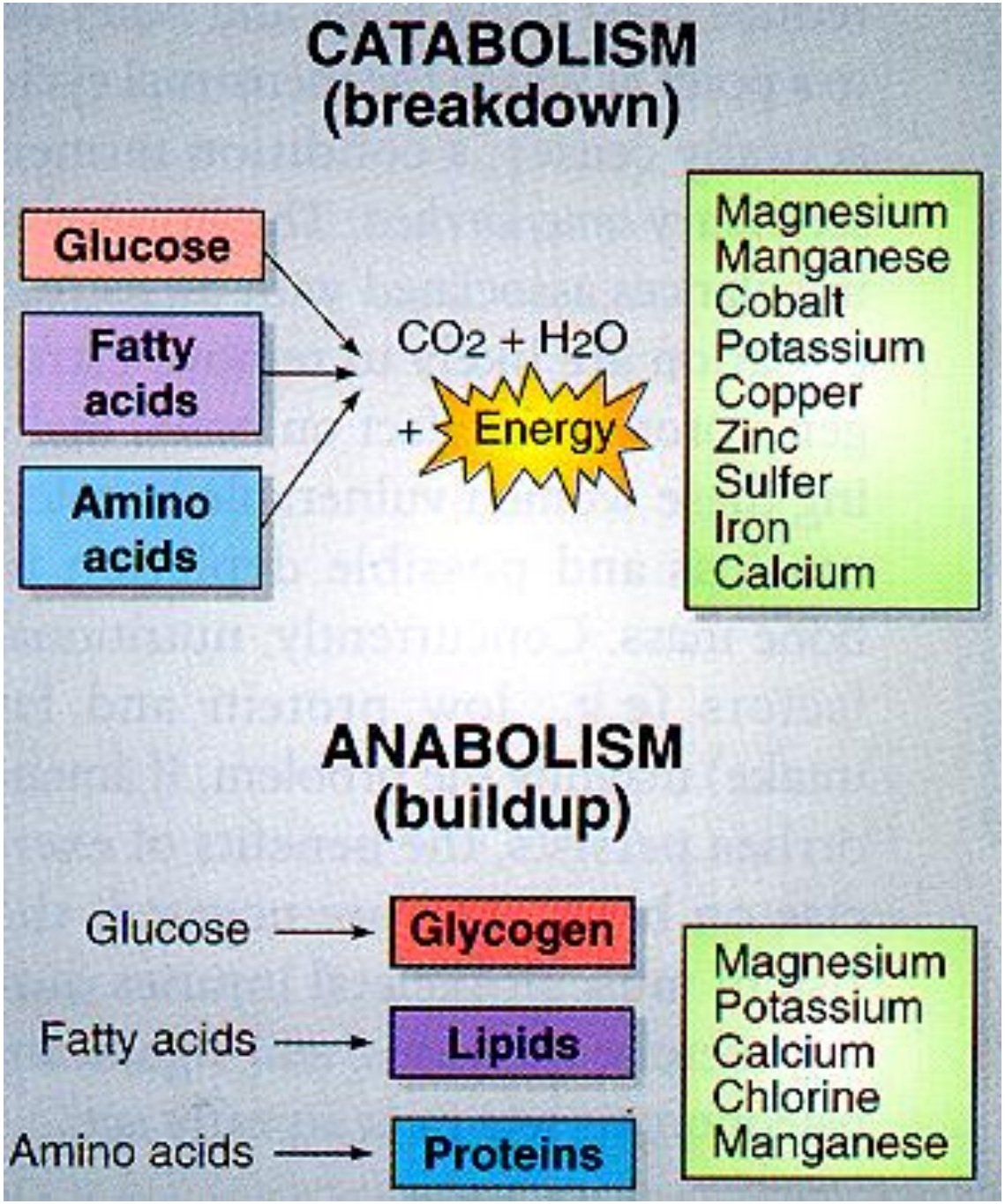
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

SISTEMAS ENERGÉTICOS BÁSICOS



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed


Heat
Energy
CATABOLISM
ANABOLISM
ATP


CATABOLISM
(breakdown)
Glucose
Fatty acids
Amino acids
$CO_2 + H_2O$
+ Energy
Magnesium
Manganese
Cobalt
Potassium
Copper
Zinc
Sulfer
Iron
Calcium
ANABOLISM
(buildup)
Glucose → Glycogen
Fatty acids → Lipids
Amino acids → Proteins
Magnesium
Potassium
Calcium
Chlorine
Manganese

Reacciones Exergónicas:

Reactante (Sustratos)

Productos

Energía Libre

Dirigida a Conducir

Reacciones Endergónicas:

Reactante (Sustratos)

Productos

EL ACOPLAMIENTO DE LAS REACCIONES EXERGÓNICAS Y ENDERGÓNICAS

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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 Reacvtivos Originales)

(Catabolismo)

Reacciones

Exergónicas

Aquellas Reacciones que Liberan Energía cono Resultado de los Procesos Químicos

Se Libera Energía

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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**

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FUENTES ENERGÉTICAS

FUENTES PRIMARIAS DE ENERGÍA

Sinónimos:

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

Ejemplos

Macromoléculas:

CHO
PRO
Grasas

Sustratos:

ATP
PCr

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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 basado en una masa (peso) corporal promedio de 65 kg (143 lb) con 12% de grasa.

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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.

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

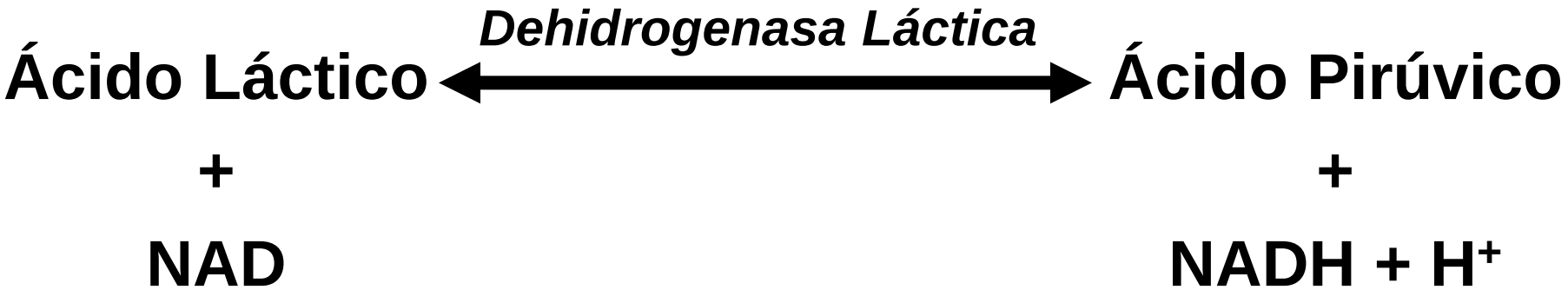
ENZIMAS

* EJEMPLOS *

Dehidrogenasa Láctica

- **Función:**

Cataliza la Conversión del Ácido Láctico a Ácido Pirúvico y Viceversa



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

SUSTRATO
(Reactante)

↓

Se Une a

↓

La Enzima

Complejo Enzima-Sustrato

↓

Energía Requerida para la Activación

↓

Se Completa con Mayor Facilidad la Reacción Quimica

↓

Se Separan/Dividen

↓ **La Enzima**

↓ **El Producto**

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FUENTES ENERGÉTICAS

ALIMENTOS

Constituyentes Principales

Compuestos Relacionados con las Reacciones Metabólicas

- Hidratos de Carbono
- Lípidos (Grasas)
- Proteínas (Prótidos)

Elementos que Contienen

- Carbono (C)
- Hidrógeno (H_2)
- Oxígeno (O_2)
- Nitrógeno (N_2)

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

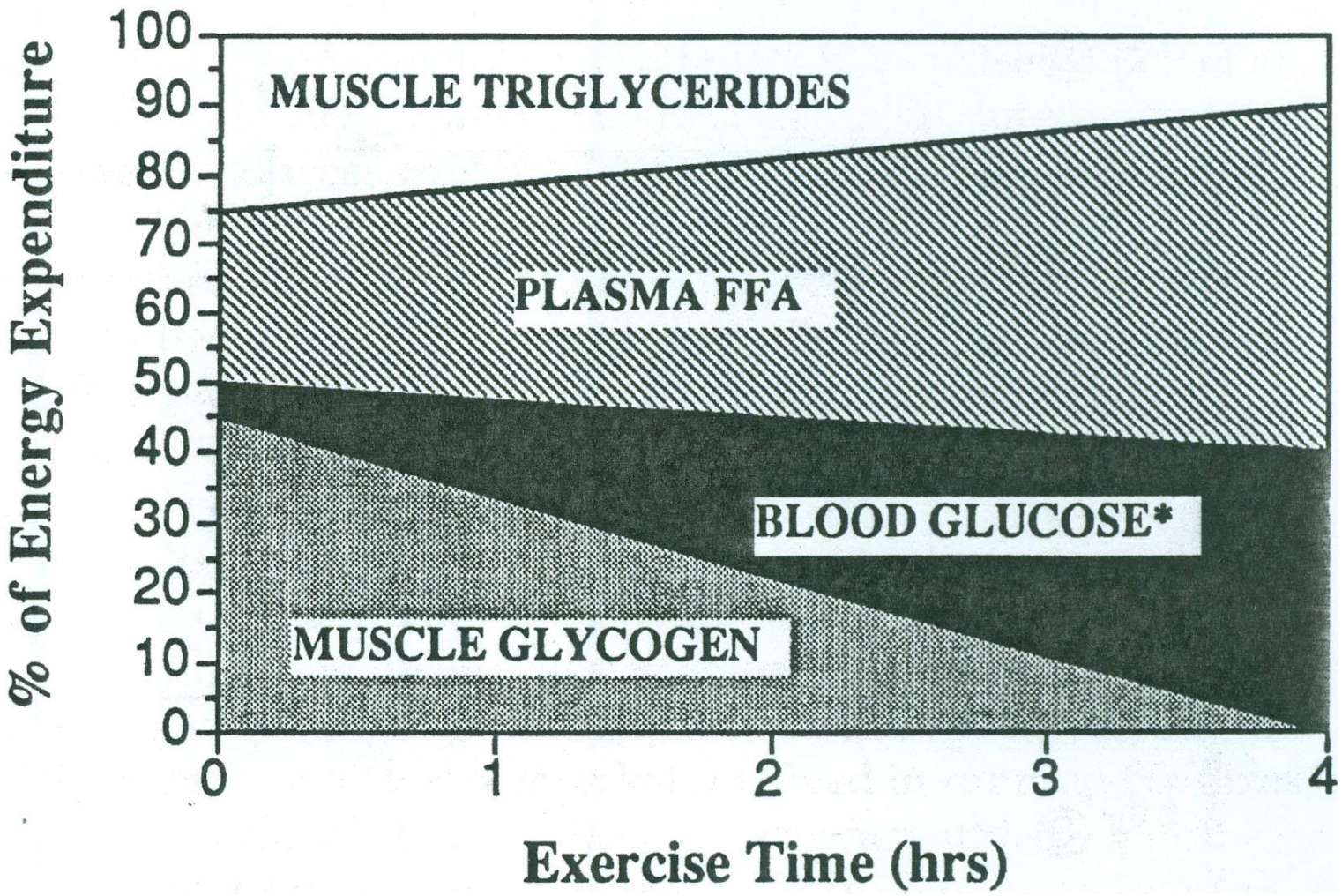
SUSTRATO ENERGÉTICO METABOLIZADO
PREFERENCIA SEGÚN LA: Intensidad del Ejercicio

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.

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

UTILIZACIÓN RELATIVA DE LOS PRINCIPALES CUATRO SUSTRATOS:
DURANTE UN EJERCICIO PROLONGADO: 65-75% del VO_2máx



NOTA. Reproducido de: "Fuels for Sports Performace," 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.

Copyright © 2022 Edgar Espategui Corsino | Saludmed

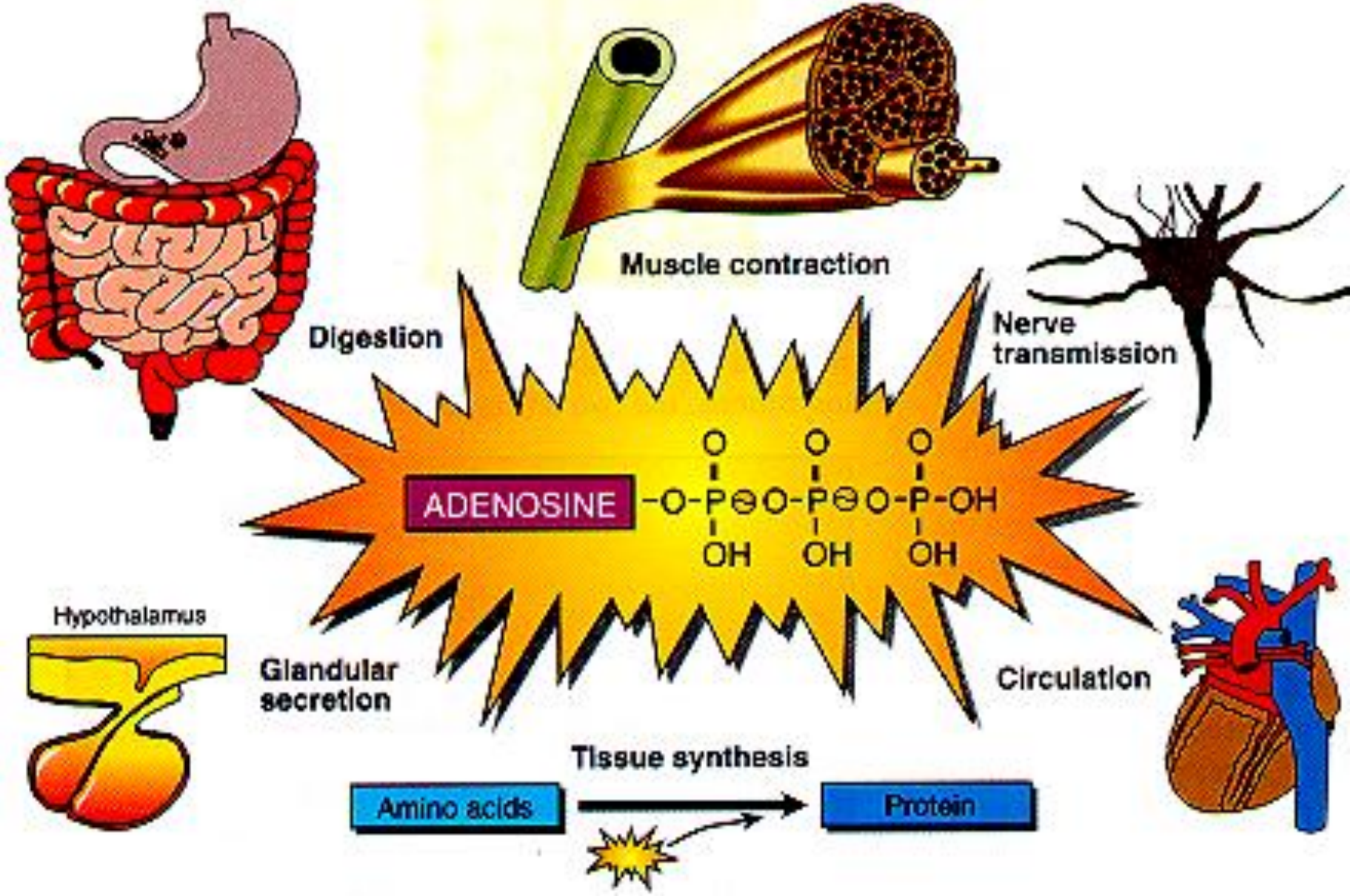
FUENTES ENERGÉTICAS: *ACTIVIDAD CELULAR*

- 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.

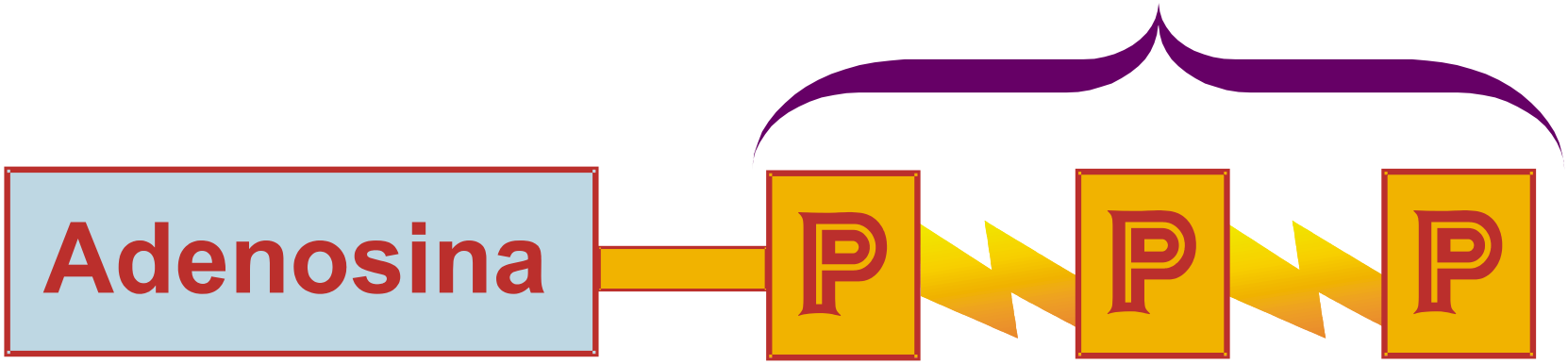
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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

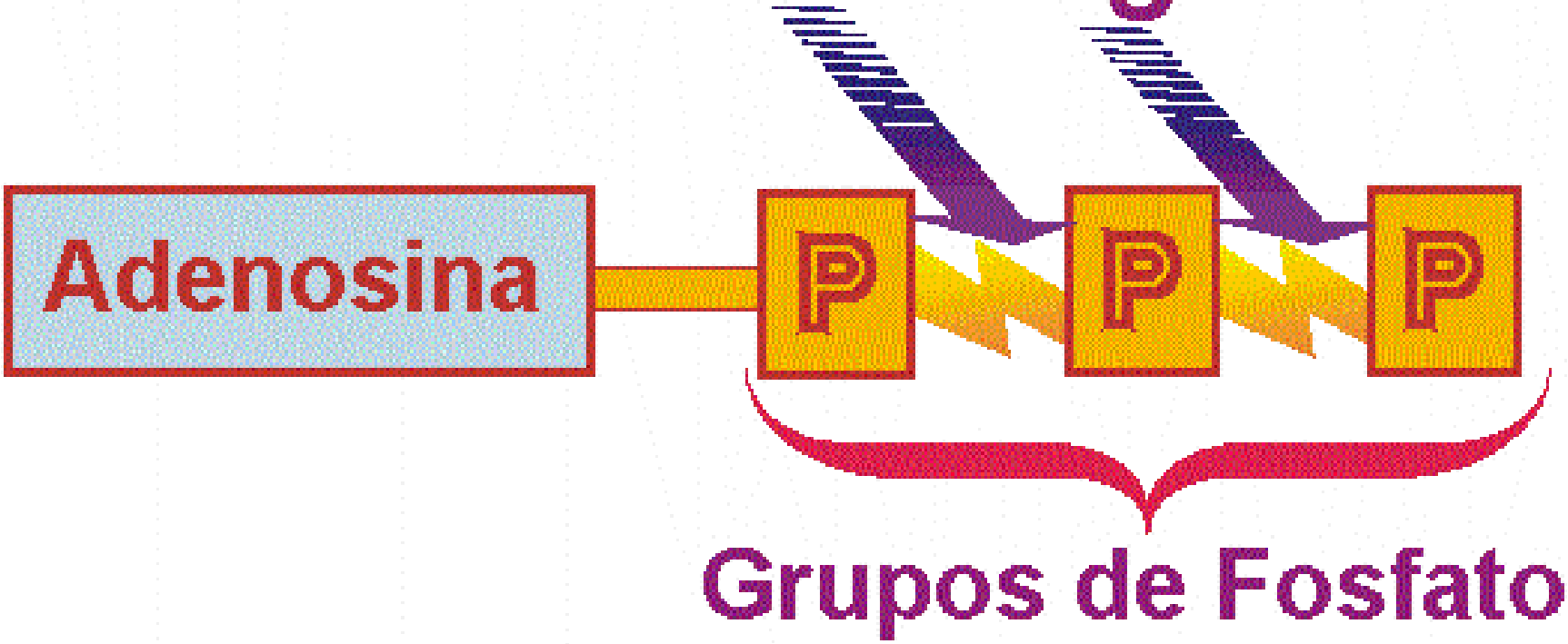


MOLÉCULA DE ATP



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Enlaces de Fosfatos de Alta Energía



MOLÉCULA DE ATP

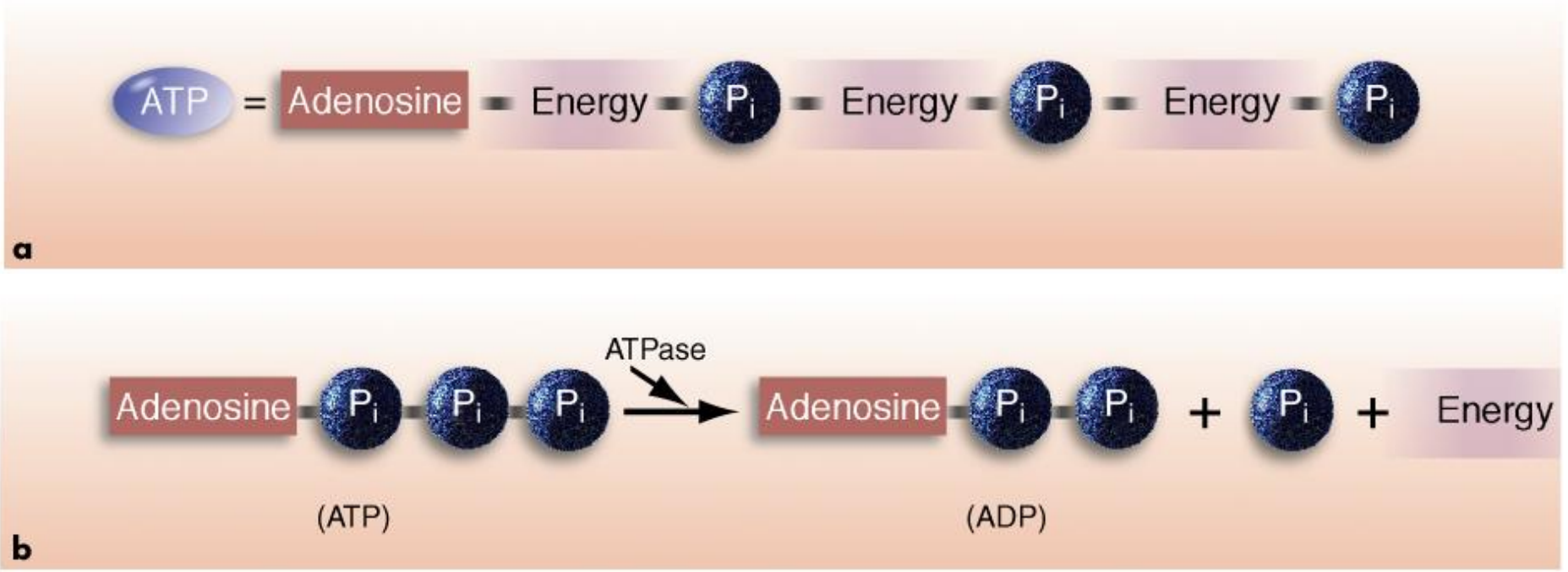
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

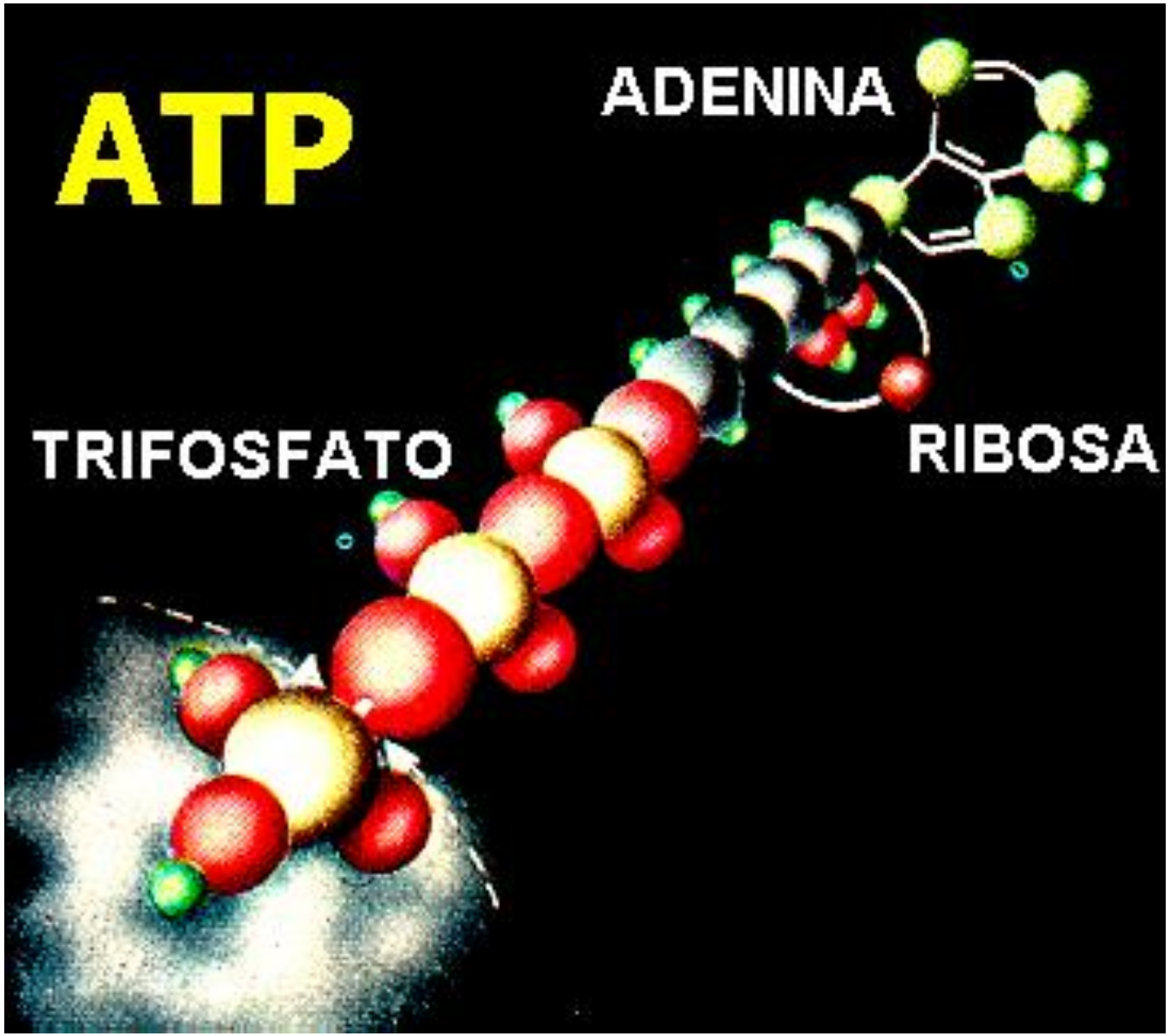
FUENTES ENERGÉTICAS:

ATP:

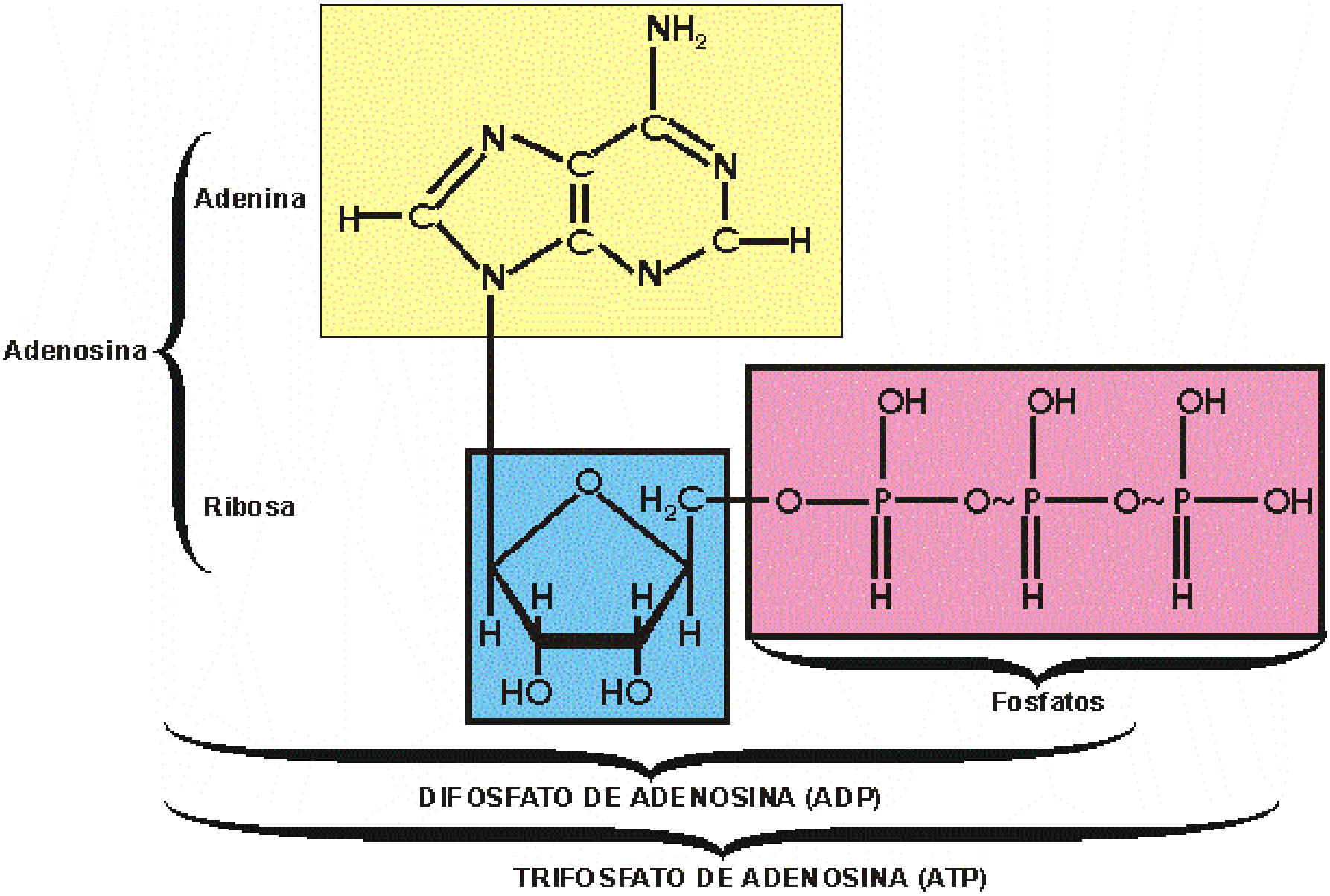
ADENOSINA DE TRIFOSFATO

* ESTRUCTURA MOLECULAR *





Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

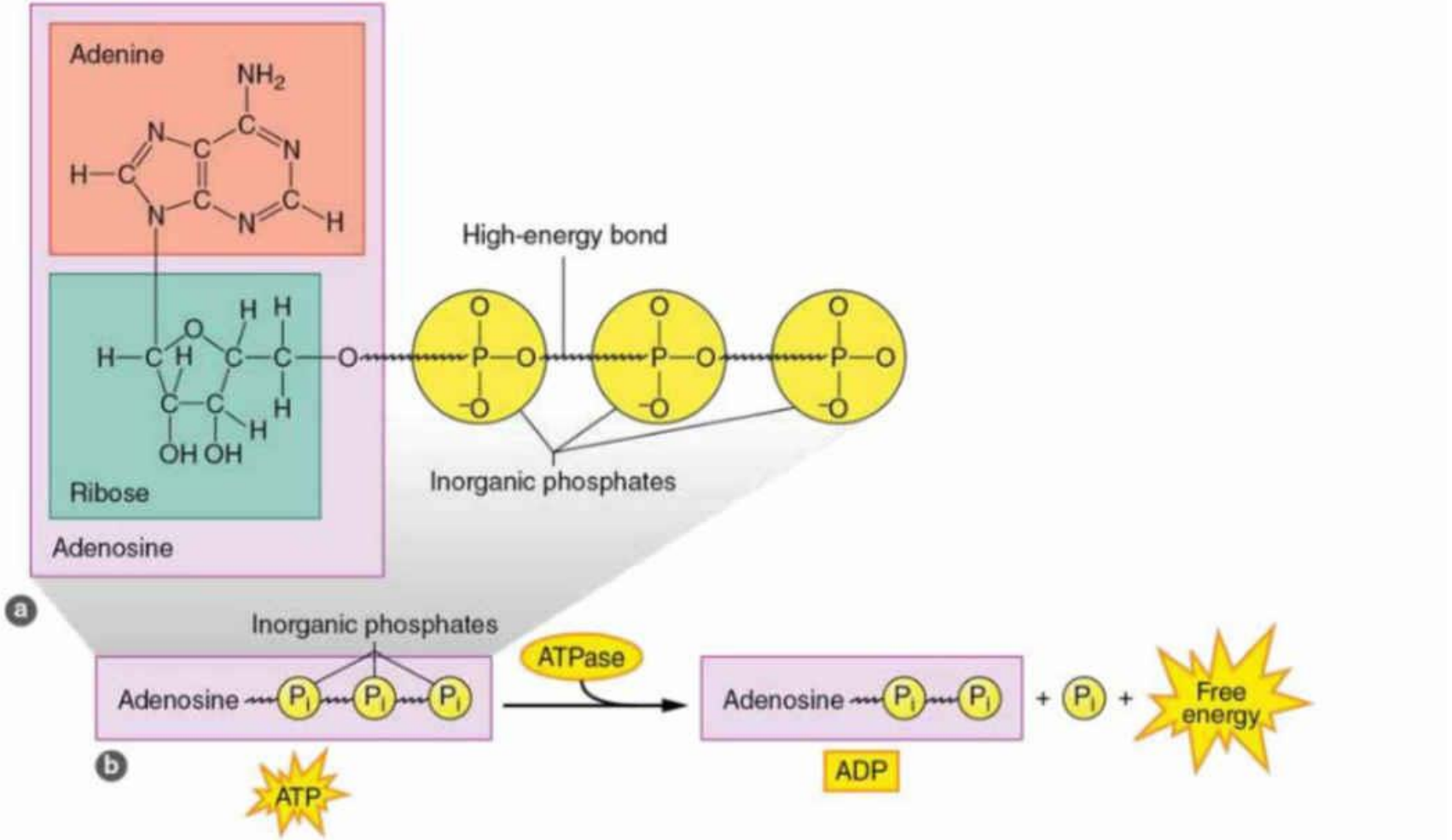


FIGURE 2.4 *(a)* The structure of an adenosine triphosphate (ATP) molecule, showing the high-energy phosphate bonds. *(b)* When the third phosphate on the ATP molecule is separated from adenosine by the action of adenosine triphosphatase (ATPase), energy is released.

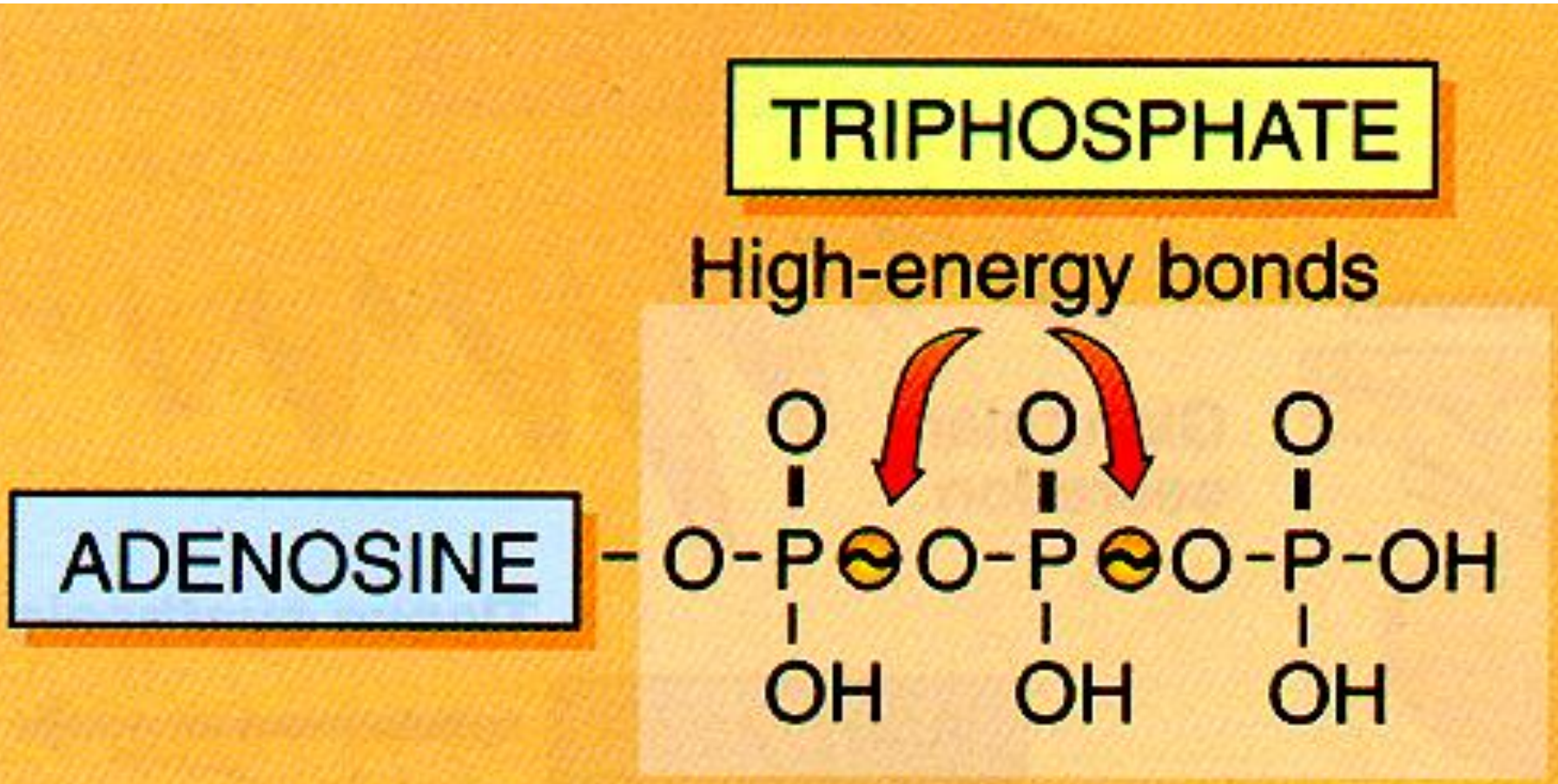
NOTA. Tomado de: ***Physiology of Sport and Exercise***. 8va ed., (p. 57), por W. L. Kenney, J. H. Wilmore & D. L. Costill, 2022, Champaign, IL: Human Kinetics. Copyright 2022 por: W. L. Kenney, J. H. Wilmore y D. L. Costill.

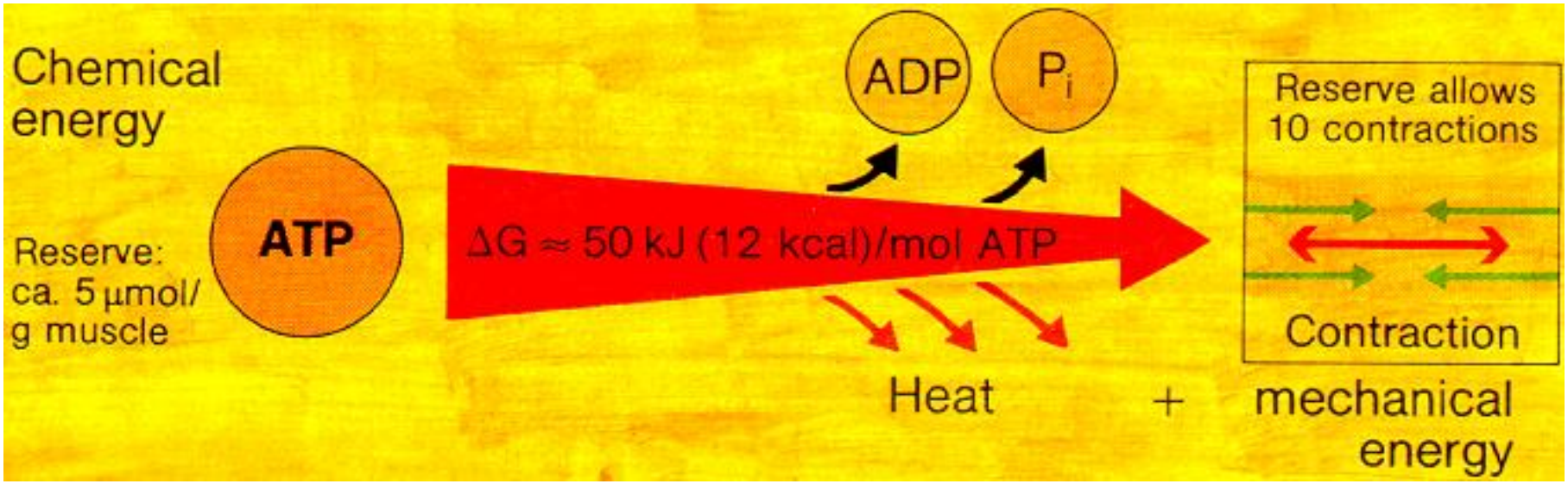
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

ADENOSINA DE TRIFOSFATO

* ESTRUCTURA MOLECULAR *





Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)

Estructura:

ADENOSINA:

- Una Porción: **Adenina**
- Una Porción: **Ribosa**

FOSFATOS:

- Tres: **Fosfatos:**

Unidos vía Enlaces Químicos de Alta Energía

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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)

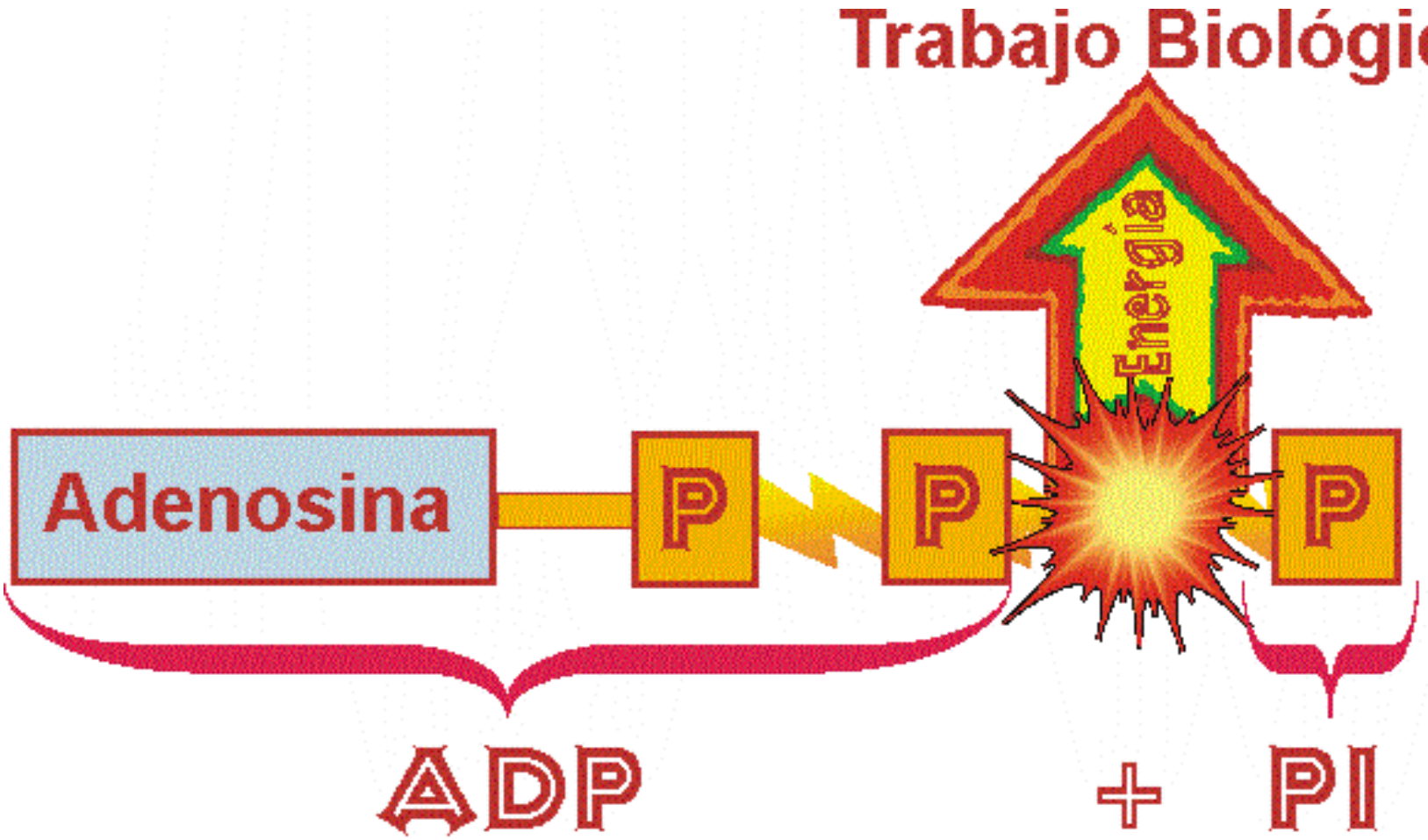
↓

Energía

Vía Reacción Acoplada

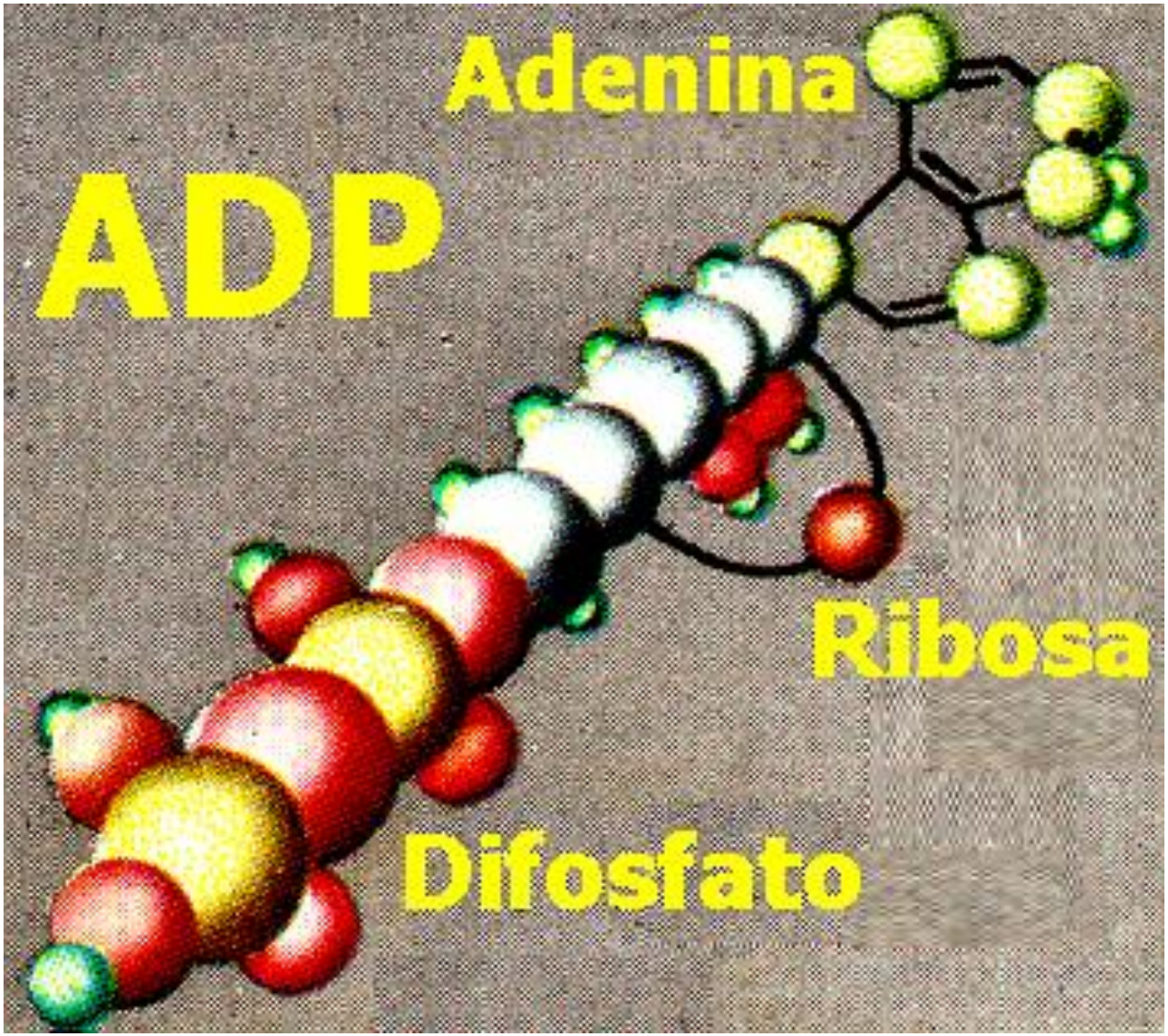
ADP + Pi ⟶ **ATP**

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



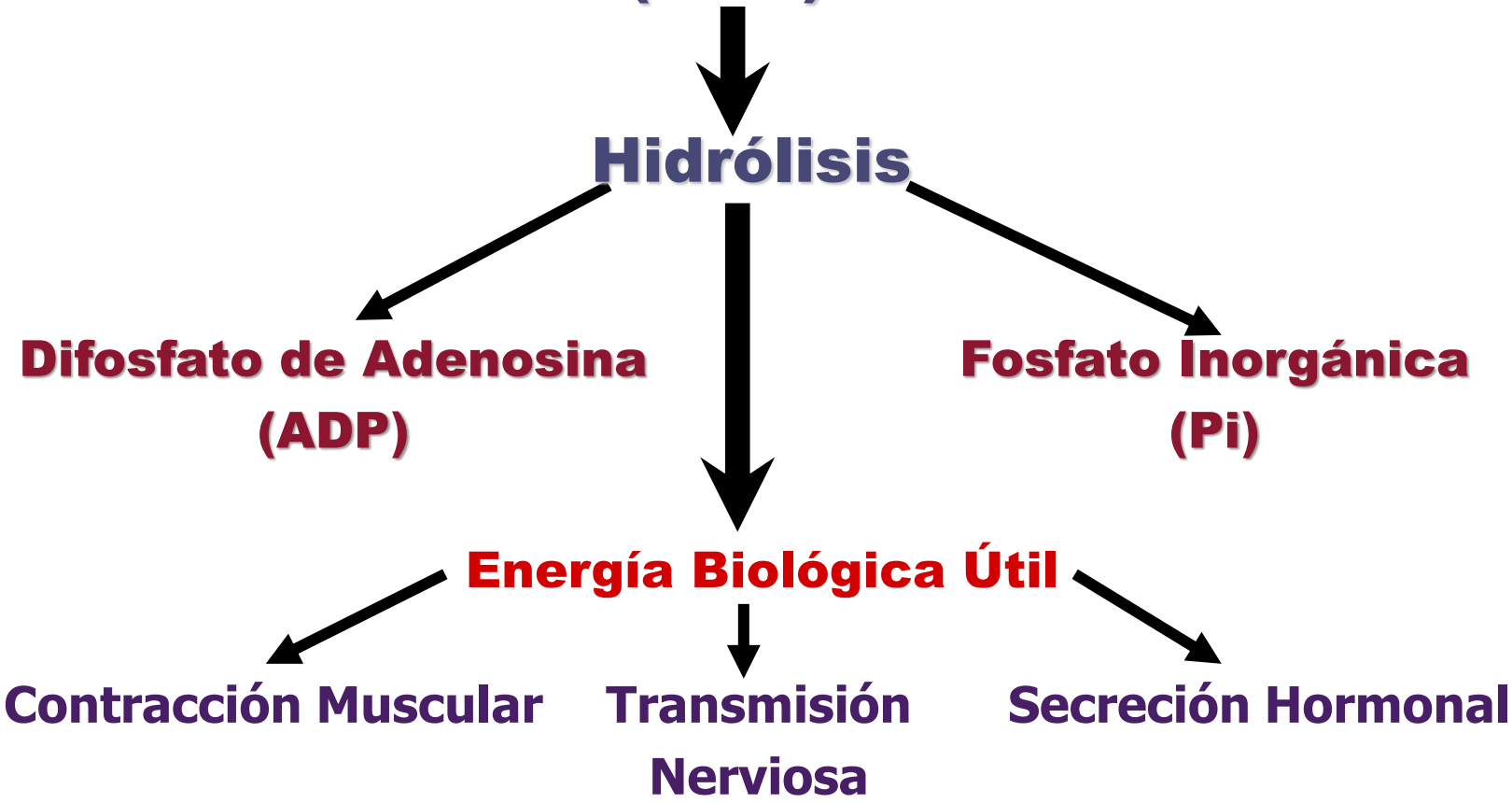
DESDOBLAMIENTO DEL ATP

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ADENOSINA DE TRIFOSFATO (ATP)



$$ATP^{4-} \longrightarrow ADP^{3-} + HPO_4^{2-} + H^+$$

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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

↓

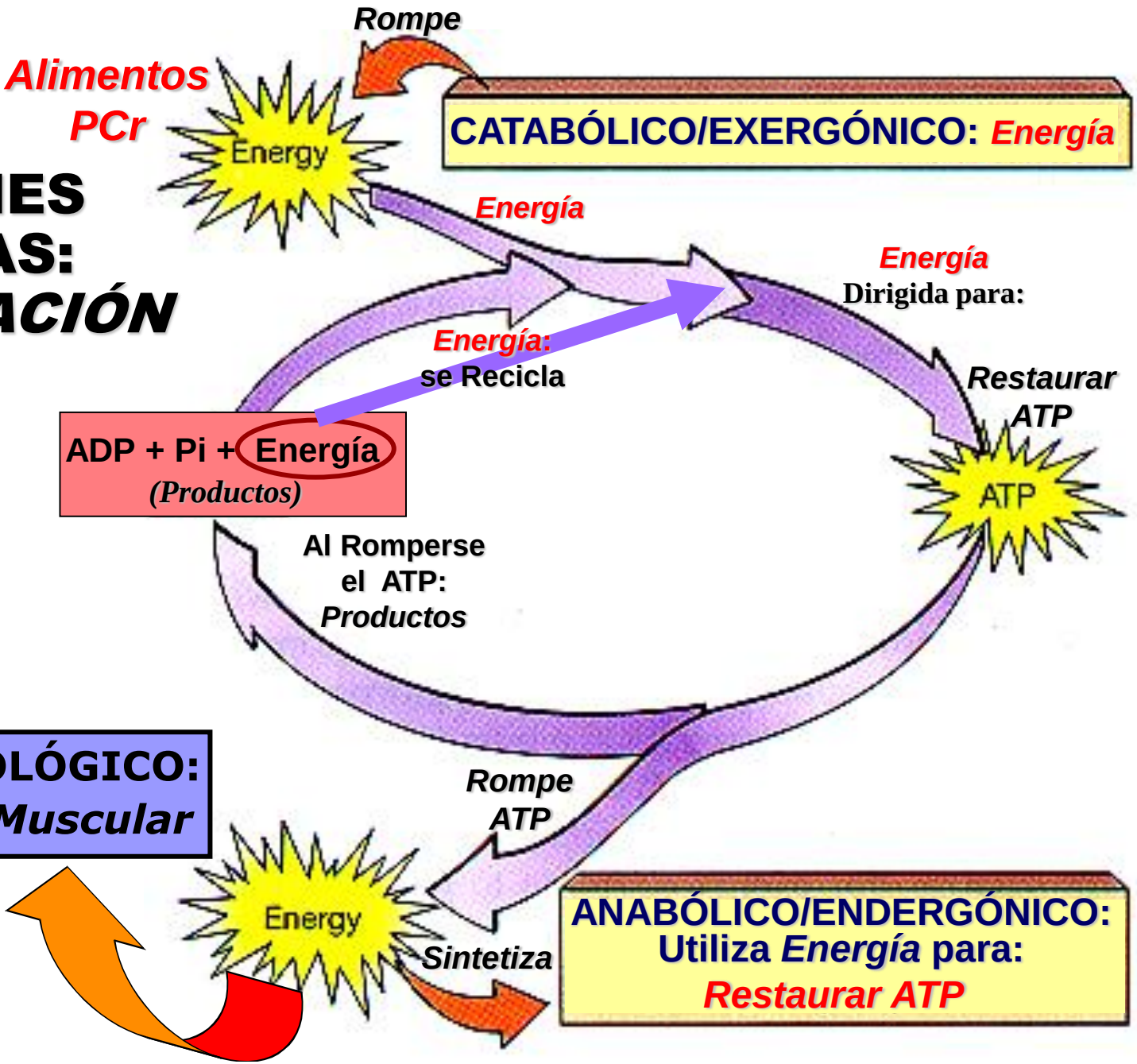
Se Libera Energía Útil Para Generar Trabajo (i.e., Contracción Muscular)

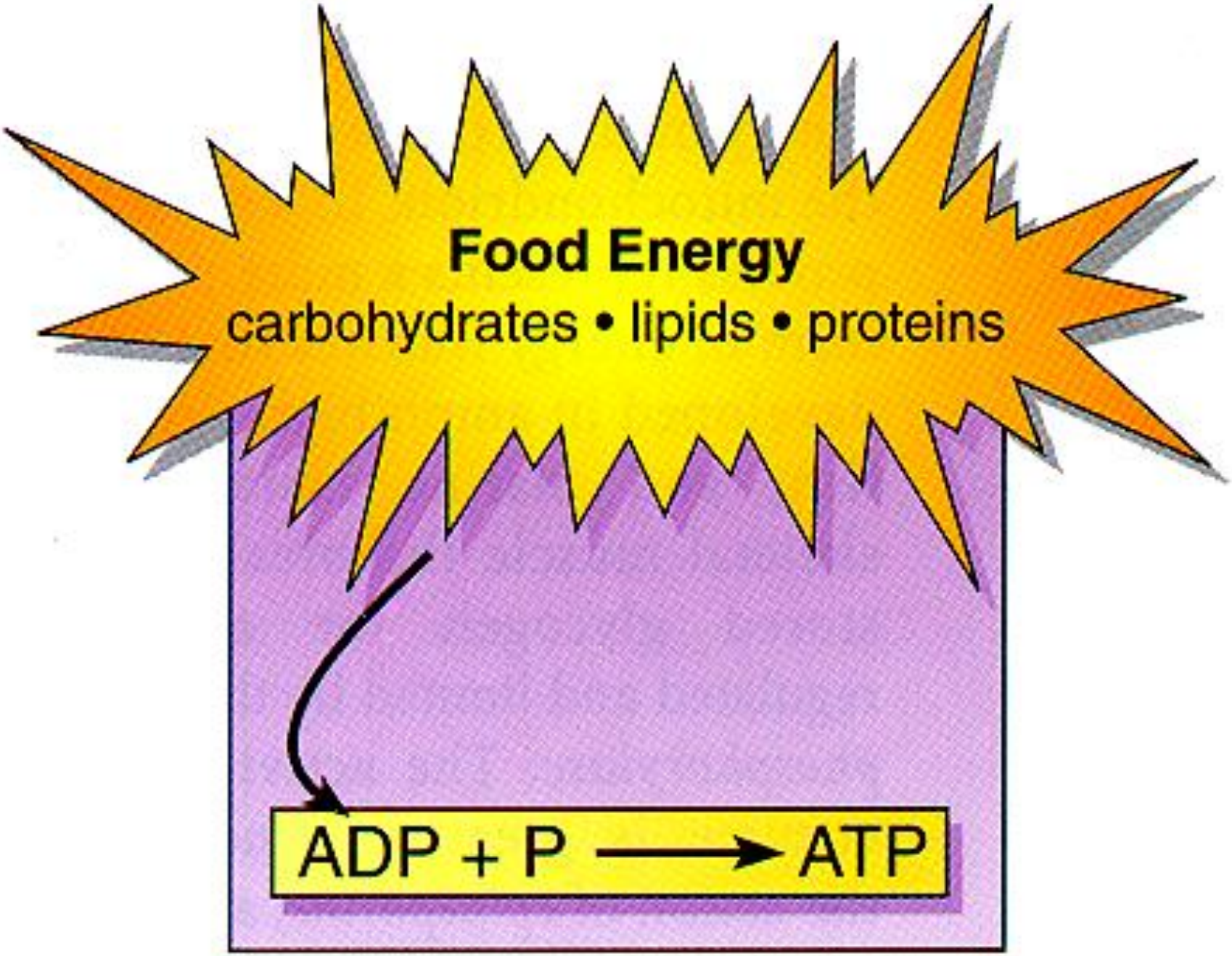
$$\underset{\text{(Reactivo)}}{\text{ATP} + \text{Pi}} \xrightarrow{\text{ATPasa}} \underset{\text{(Productos)}}{\text{ADP} + \text{Pi}} + \underset{\text{(Energía Libre Biológicamente Libre Útil)}}{\text{Energía}}$$

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

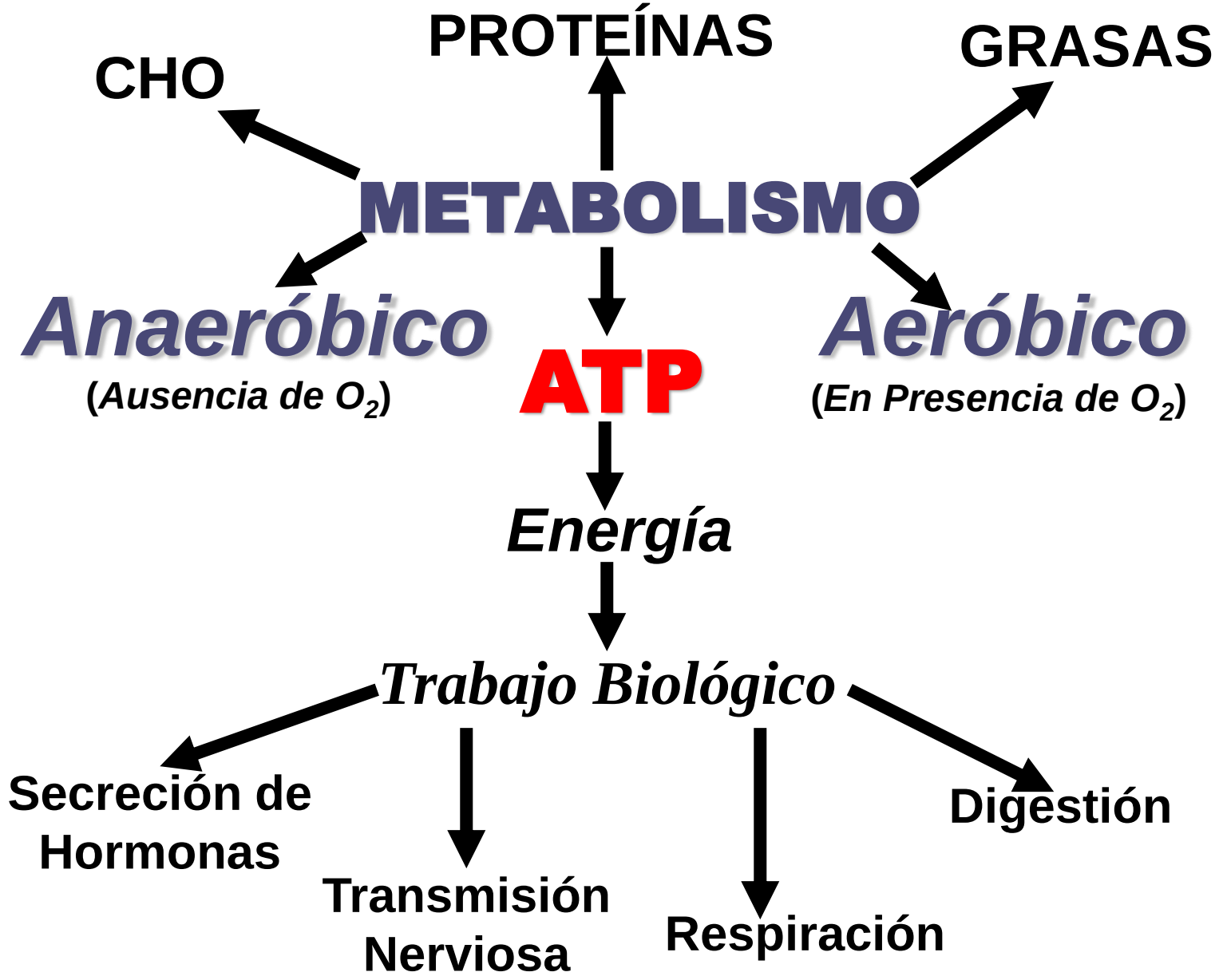
Consumo de
Avena
Se Absorbe en Sangre como:
Glucosa
Se degrada la:
Glucosa
Catabólico/Exergónico
Fosfocreatina (PCr)
Almacenada en
Músculos
Se degrada la:
PCr
Energía de los Alimentos y la Fosfocreatina (PCr)
Energía
ATPasa
ADP + PI
ATP
Anabólico/Endergónico
SÍNTESIS DEL ATP POR REACCIONES ACOPLADAS

REACCIONES ACOPLADAS: *RESTAURACIÓN DEL ATP*




Food Energy
carbohydrates • lipids • proteins
ADP + P
ATP

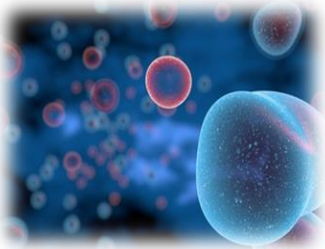
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

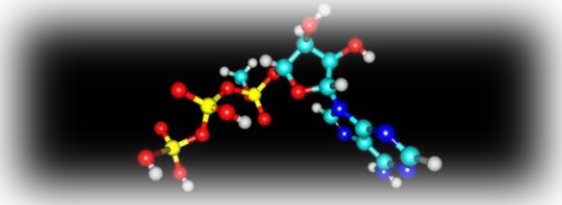


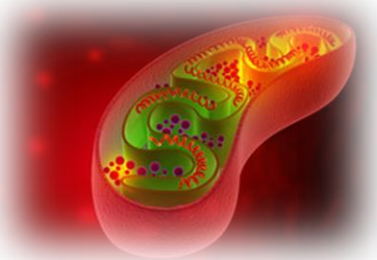
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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**

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FUENTES ENERGÉTICAS

METABOLISMO CELULAR:
VÍAS METABÓLISAS DE ATP

PRODUCCIÓN OXIDATIVA DE ATP

1. **Glucólisis Aeróbica**—citoplasma o sarcoplasma muscular

2. **Ciclo de Krebs**—mitocondria

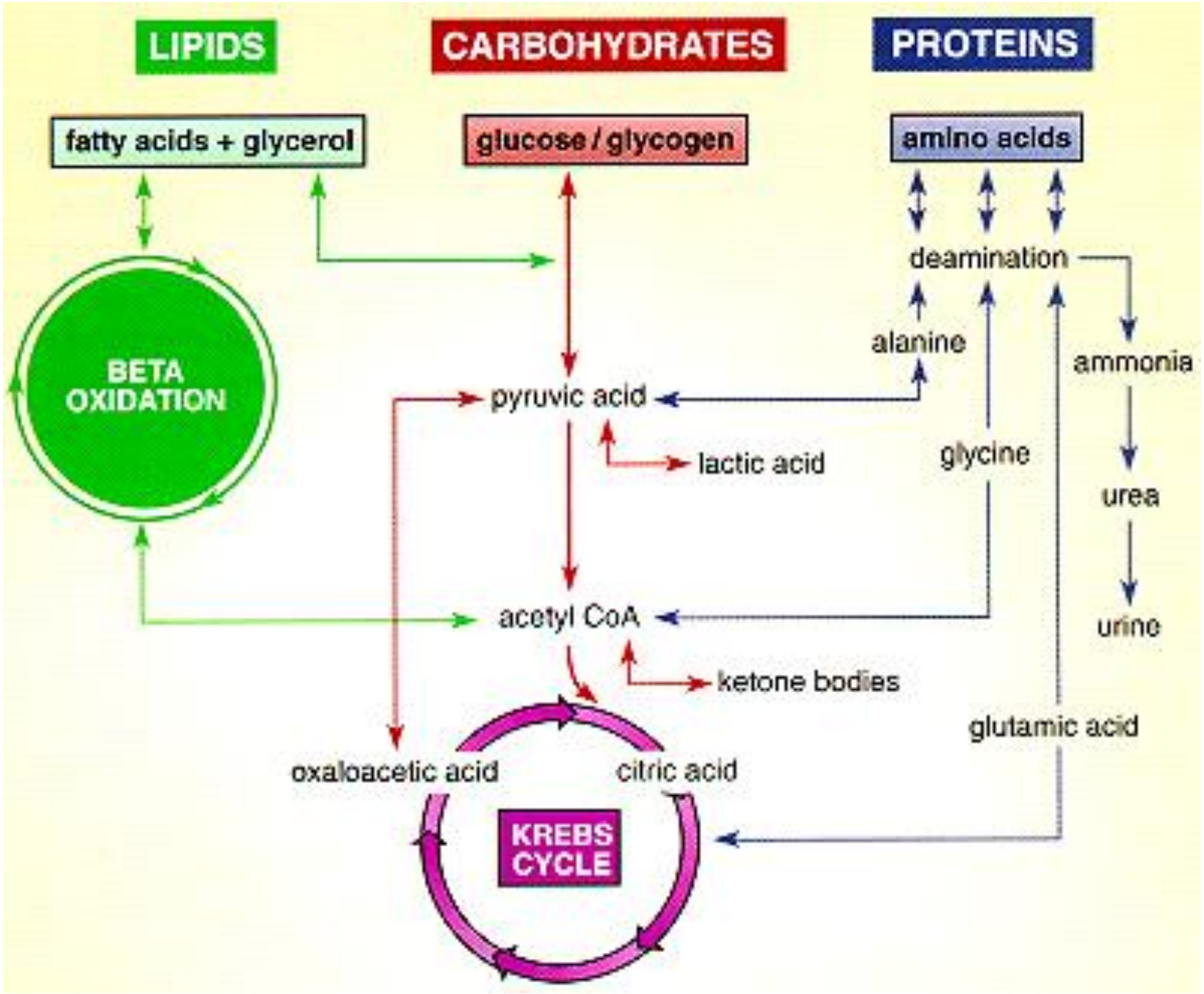
3. **Cadena de transporte de electrones**—mitocondria

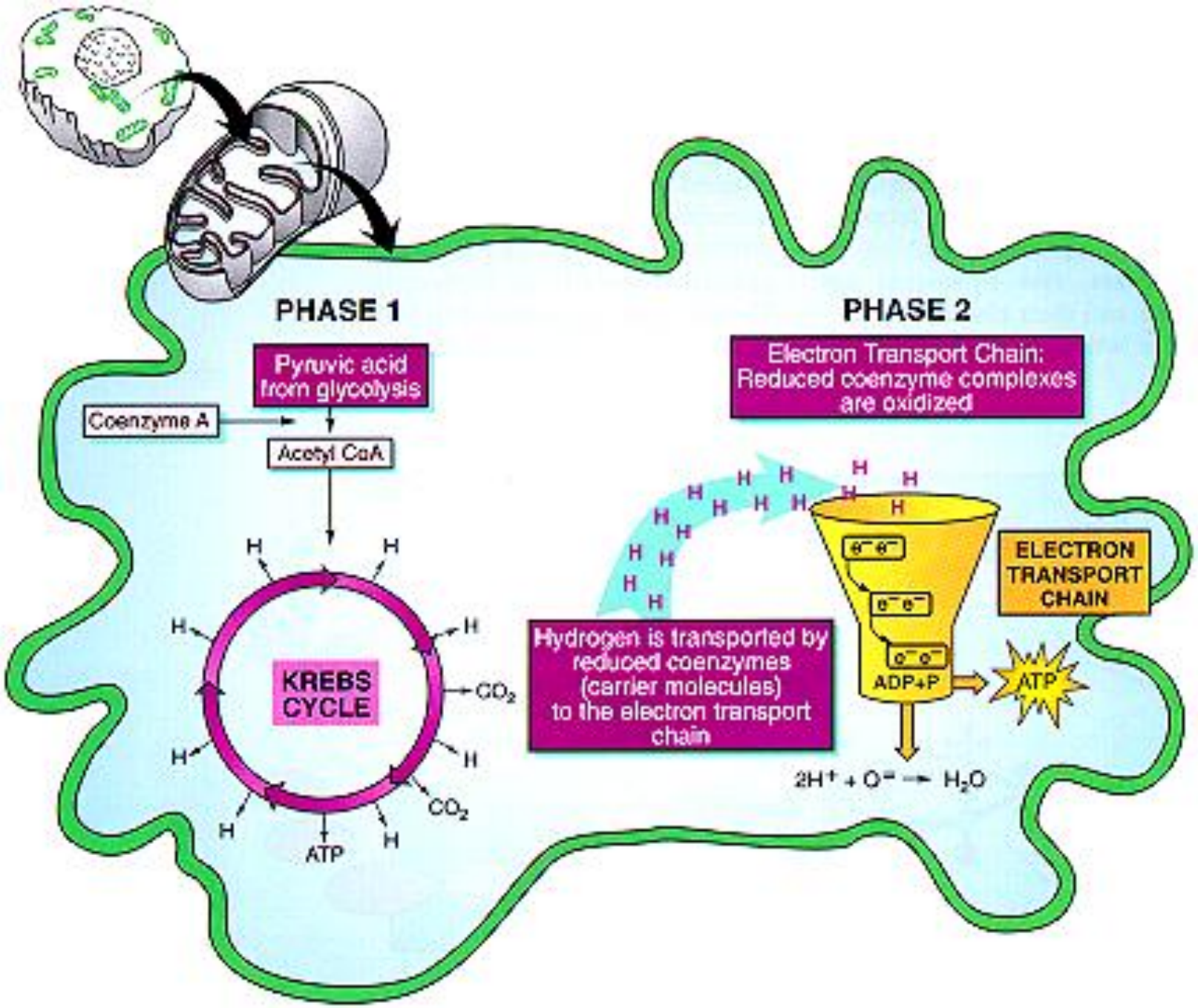
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

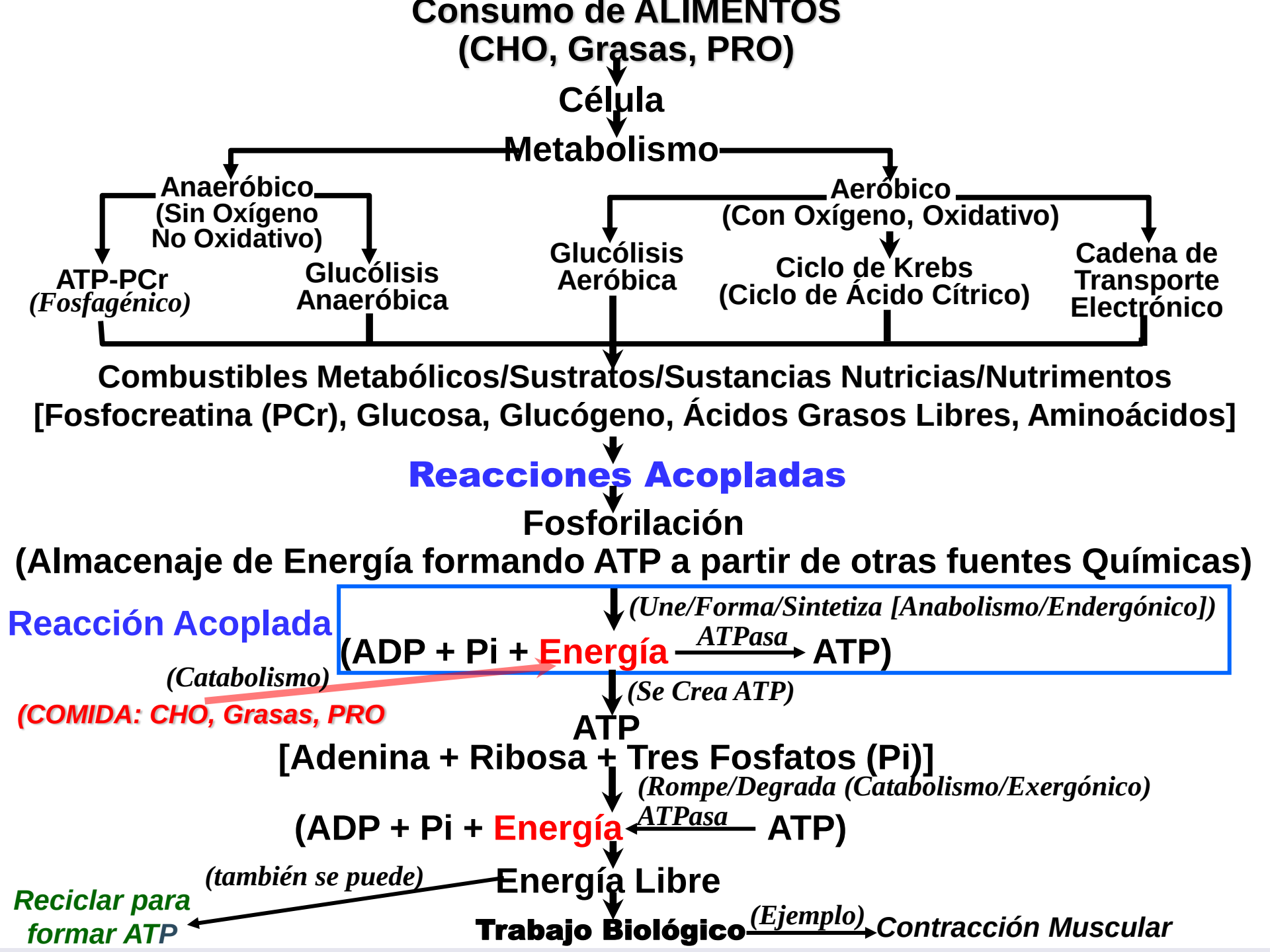
FUENTES DE ENERGÍA: *ATP*

- **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*)

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

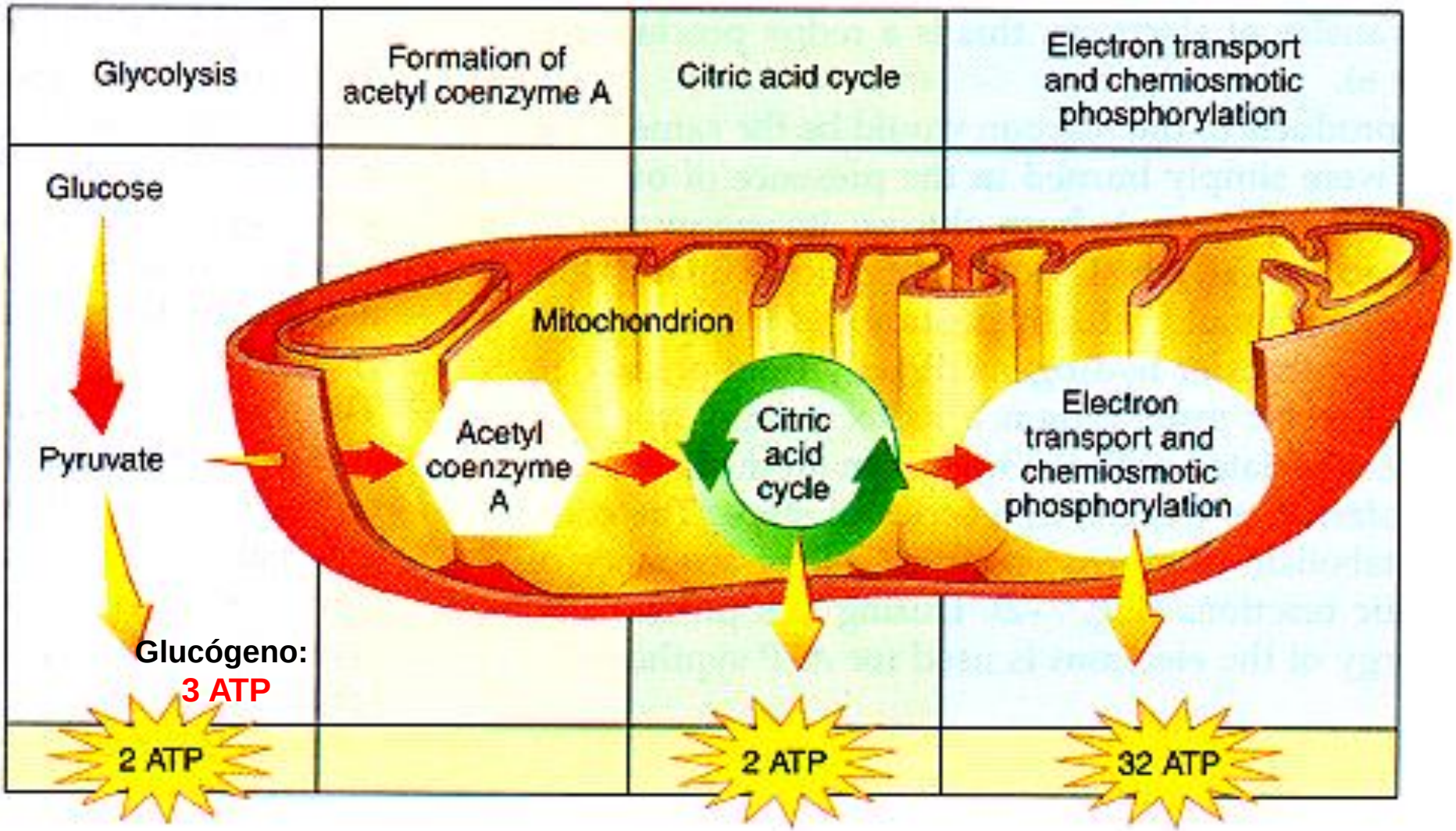

LIPIDS
CARBOHYDRATES
PROTEINS
fatty acids + glycerol
glucose / glycogen
amino acids
deamination
BETA OXIDATION
alanine
ammonia
pyruvic acid
lactic acid
glycine
urea
urine
acetyl CoA
ketone bodies
glutamic acid
oxaloacetic acid
citric acid
KREBS CYCLE


PHASE 1
Pyruvic acid from glycolysis
Coenzyme A
Acetyl CoA
KREBS CYCLE
CO_2
CO_2
ATP
PHASE 2
Electron Transport Chain: Reduced coenzyme complexes are oxidized
Hydrogen is transported by reduced coenzymes (carrier molecules) to the electron transport chain
ELECTRON TRANSPORT CHAIN
ADP+P
ATP
$2H^+ + O^= \rightarrow H_2O$


Consumo de ALIMENTOS
(CHO, Grasas, PRO)
Célula
Metabolismo
Anaeróbico
(Sin Oxígeno
No Oxidativo)
Aeróbico
(Con Oxígeno, Oxidativo)
ATP-PCr
(Fosfagénico)
Glucólisis
Anaeróbica
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
(Une/Forma/Sintetiza [Anabolismo/Endergónico])
(ADP + Pi + Energía
ATPasa
ATP)
(Catabolismo)
(COMIDA: CHO, Grasas, PRO
(Se Crea ATP)
ATP
[Adenina + Ribosa + Tres Fosfatos (Pi)]
(Rompe/Degrada (Catabolismo/Exergónico)
(ADP + Pi + Energía
ATPasa
ATP)
(también se puede)
Energía Libre
Reciclar para
formar ATP
Trabajo Biológico
(Ejemplo)
Contracción Muscular

FUENTES ENERGÉTICAS: *ATP*

* VÍAS: *METABÓLICAS* *



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

METABOLISMO ANAERÓBICO

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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)

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Enlace de Fosfato de Alta Energía

CREATINA DE FOSTATO
©
FOSFOCREATINA

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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***

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

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)*

[PCr —*Creatinacinasa (CK)*→ **Pi + Creatina + Energía]**

↓

Utilizada para Restaurar el ATP

↓

[ADP + Pi + Energía —*ATPasa*→ **ATP]**

↓

Energía Libre

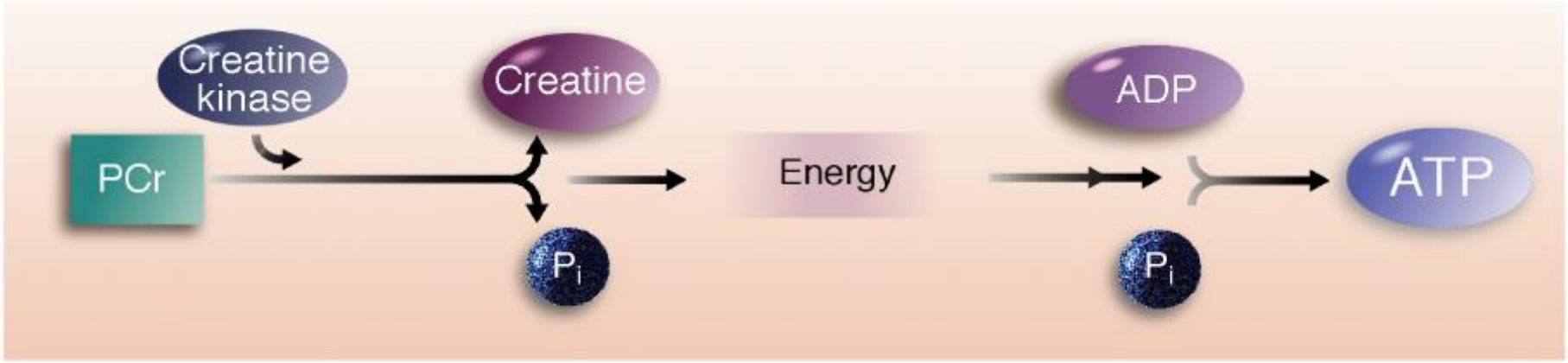
↓

Trabajo Biológico

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

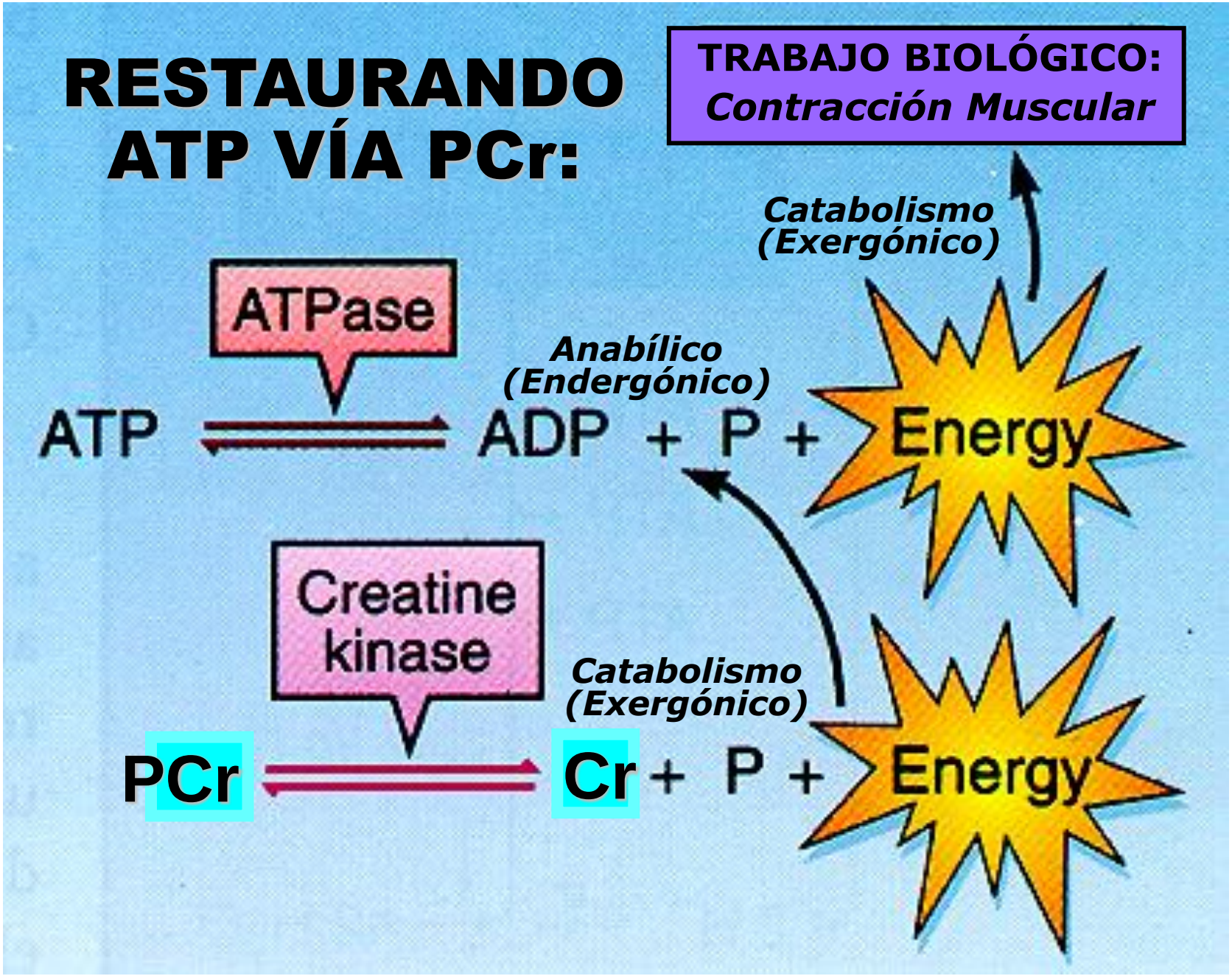
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

RESTAURACIÓN DEL ATP: *ENERGÍA DERIVADA DE LA PCr*



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

RESTAURANDO ATP VÍA PCr:



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

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

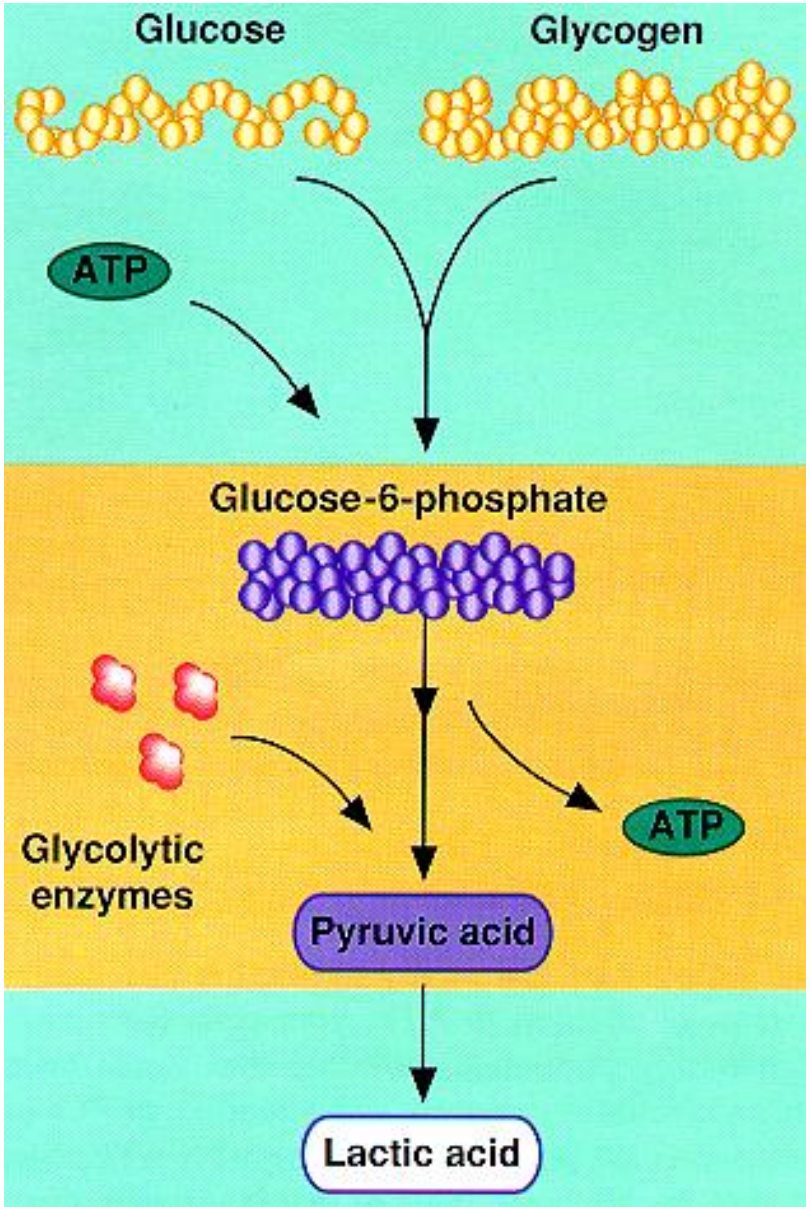
DEGRADAMIENTO Y SÍNTESIS DEL *GLUCÓGENO*

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

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

SISTEMA GLUCOLÍTICO (GLUCÓLISIS ANAERÓBICA)

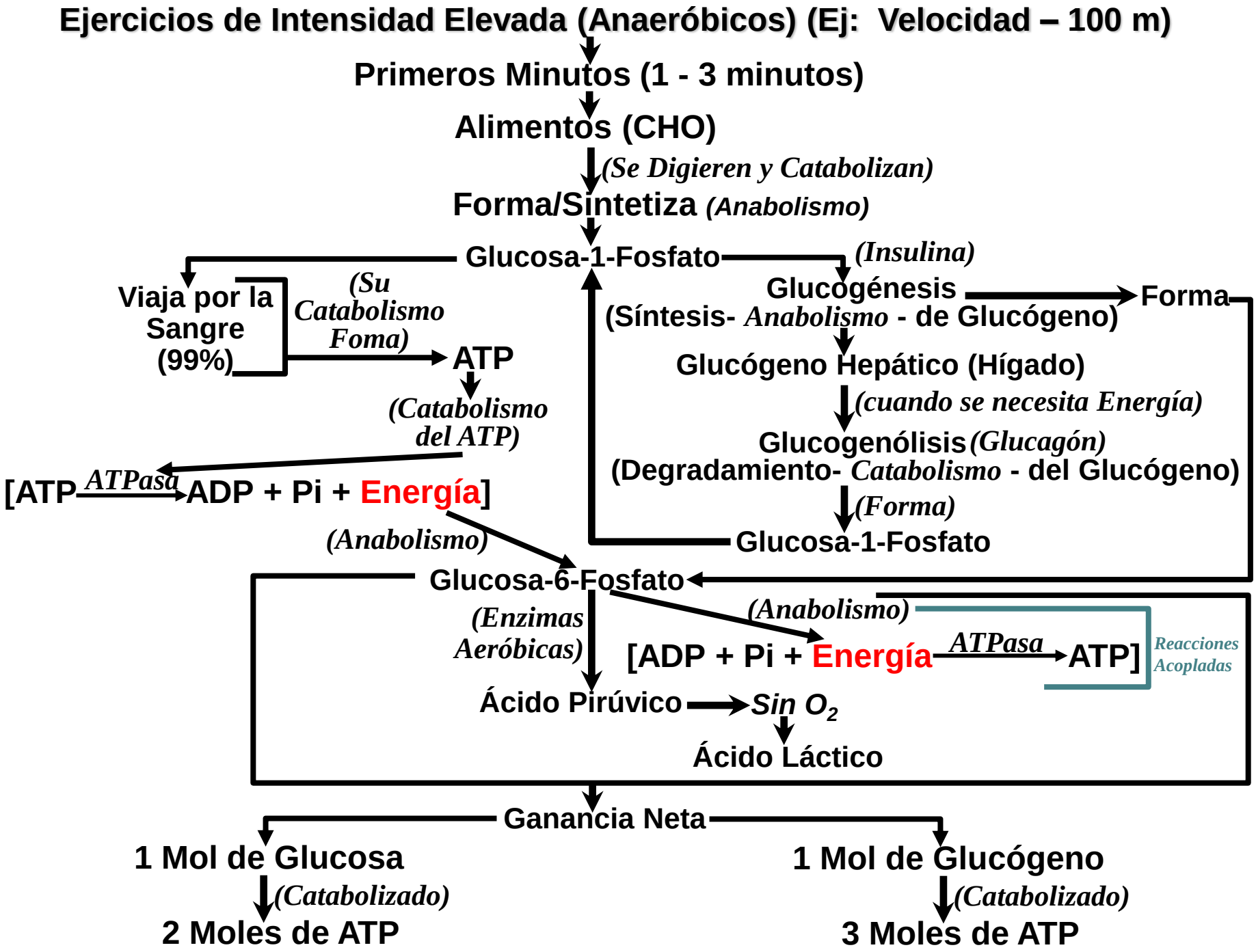
Toma lugar en:

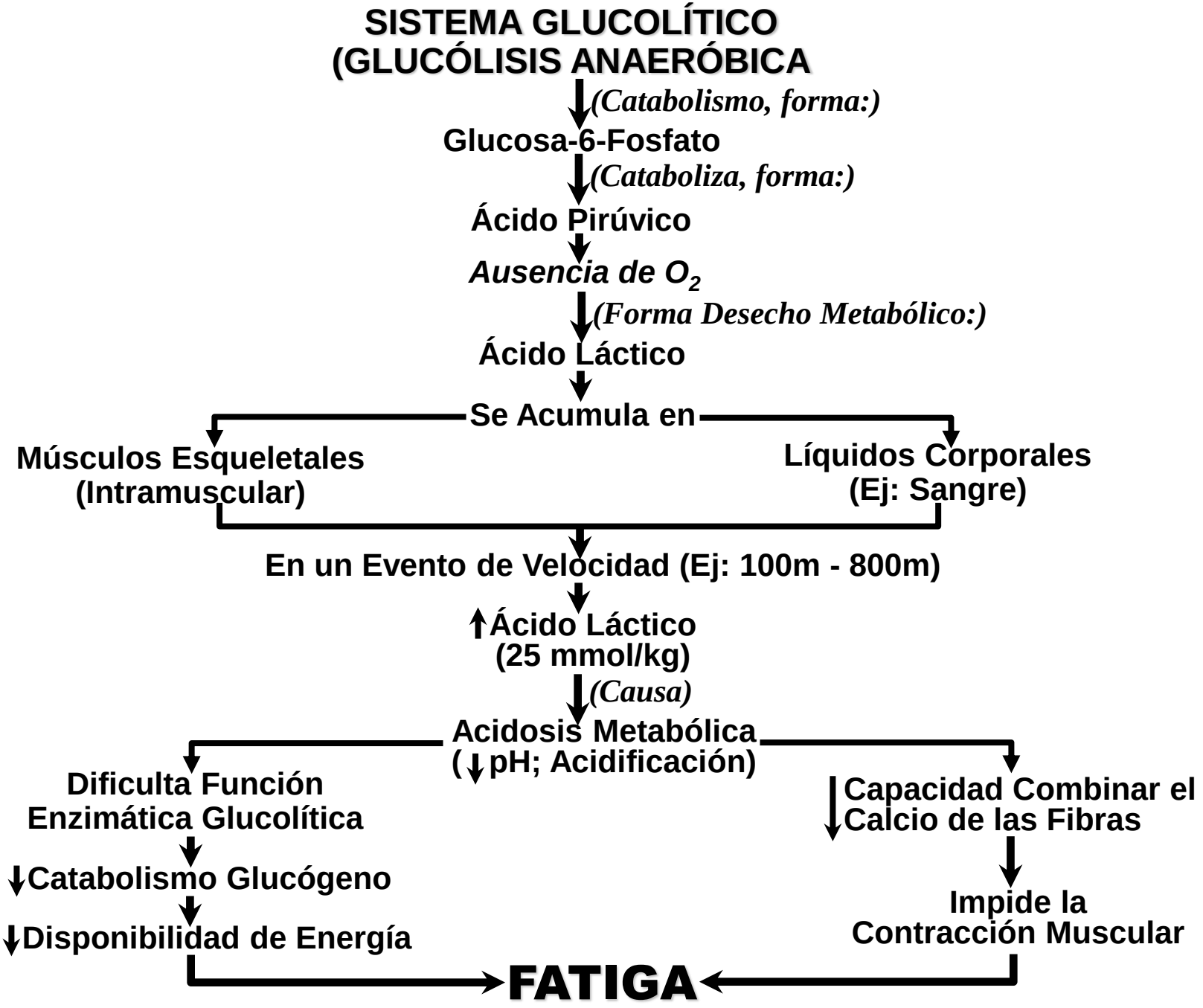
Citoplasma/Sarcoplasma

Requiere:

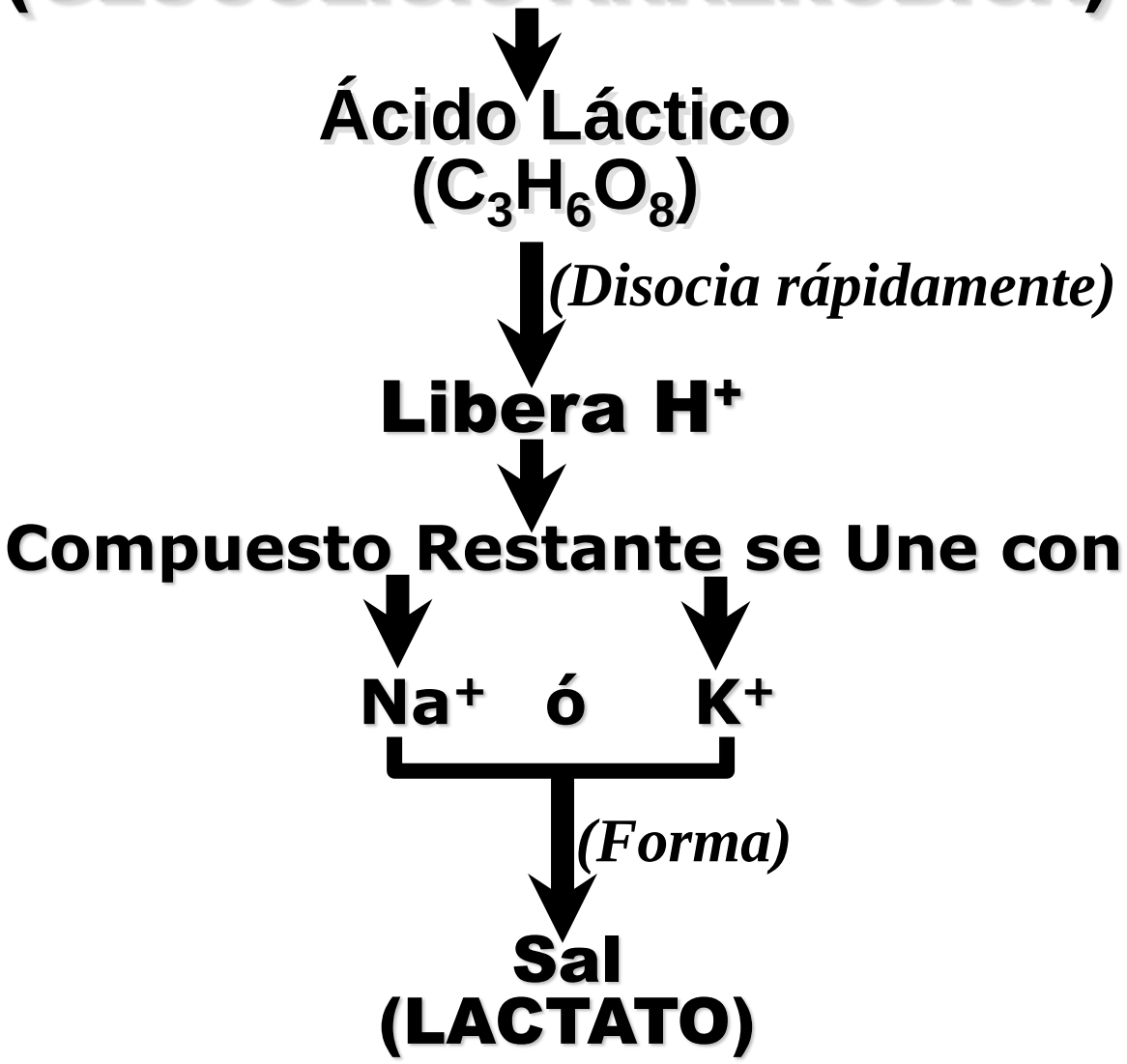
12 Reacciones Enzimáticas para la Descomposición del Glucógeno en Ácido Láctico

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

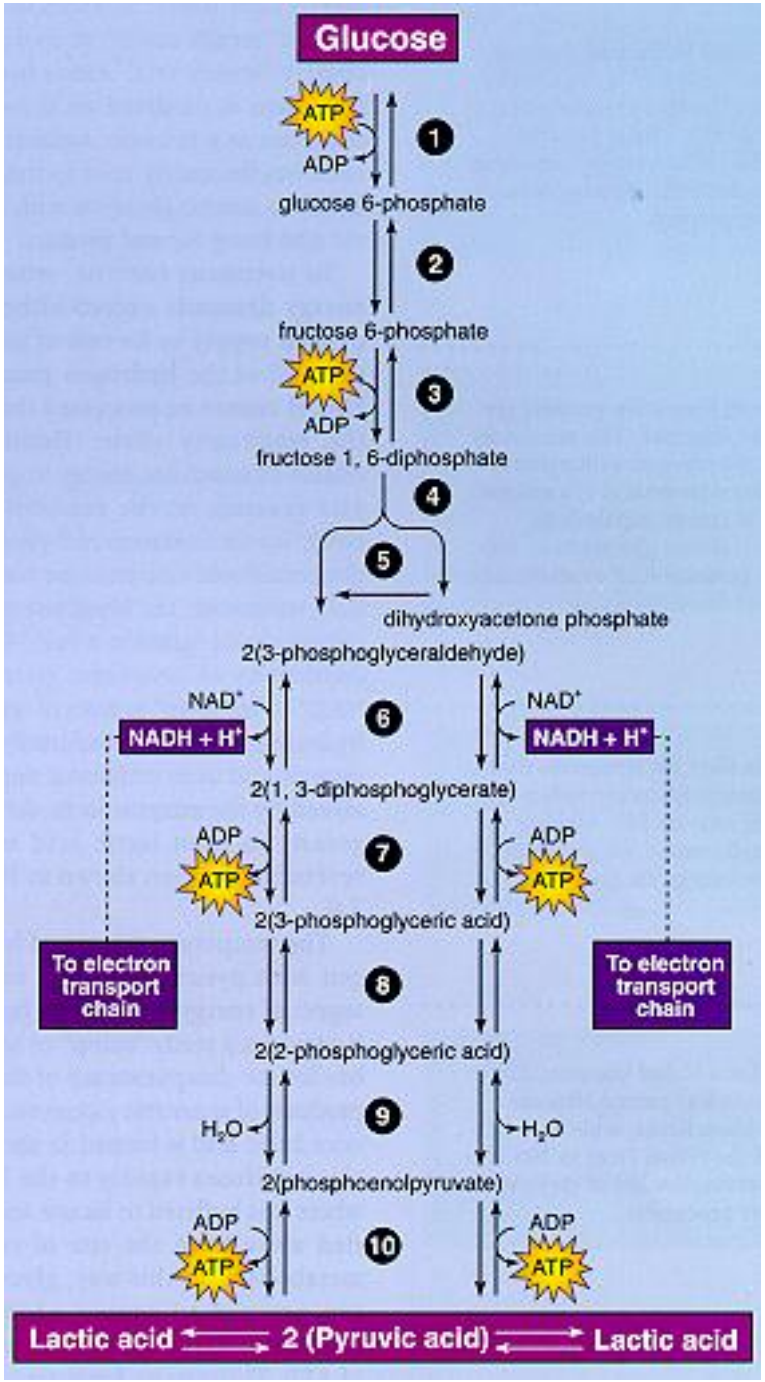

Ejercicios de Intensidad Elevada (Anaeróbicos) (Ej: Velocidad – 100 m)
Primeros Minutos (1 - 3 minutos)
Alimentos (CHO)
(Se Digieren y Catabolizan)
Forma/Sintetiza (Anabolismo)
Glucosa-1-Fosfato
(Insulina)
Viaja por la Sangre (99%)
(Su Catabolismo Foma)
ATP
(Catabolismo del ATP)
Glucogénesis (Síntesis- Anabolismo - de Glucógeno)
Forma
Glucógeno Hepático (Hígado)
(cuando se necesita Energía)
Glucogenólisis (Glucagón)
(Degradamiento- Catabolismo - del Glucógeno)
(Forma)
Glucosa-1-Fosfato
[ATP ATPasa ADP + Pi + Energía]
(Anabolismo)
Glucosa-6-Fosfato
(Enzimas Aeróbicas)
(Anabolismo)
[ADP + Pi + Energía ATPasa ATP]
Reacciones Acopladas
Ácido Pirúvico
Sin O_2
Ácido Láctico
Ganancia Neta
1 Mol de Glucosa
(Catabolizado)
2 Moles de ATP
1 Mol de Glucógeno
(Catabolizado)
3 Moles de ATP

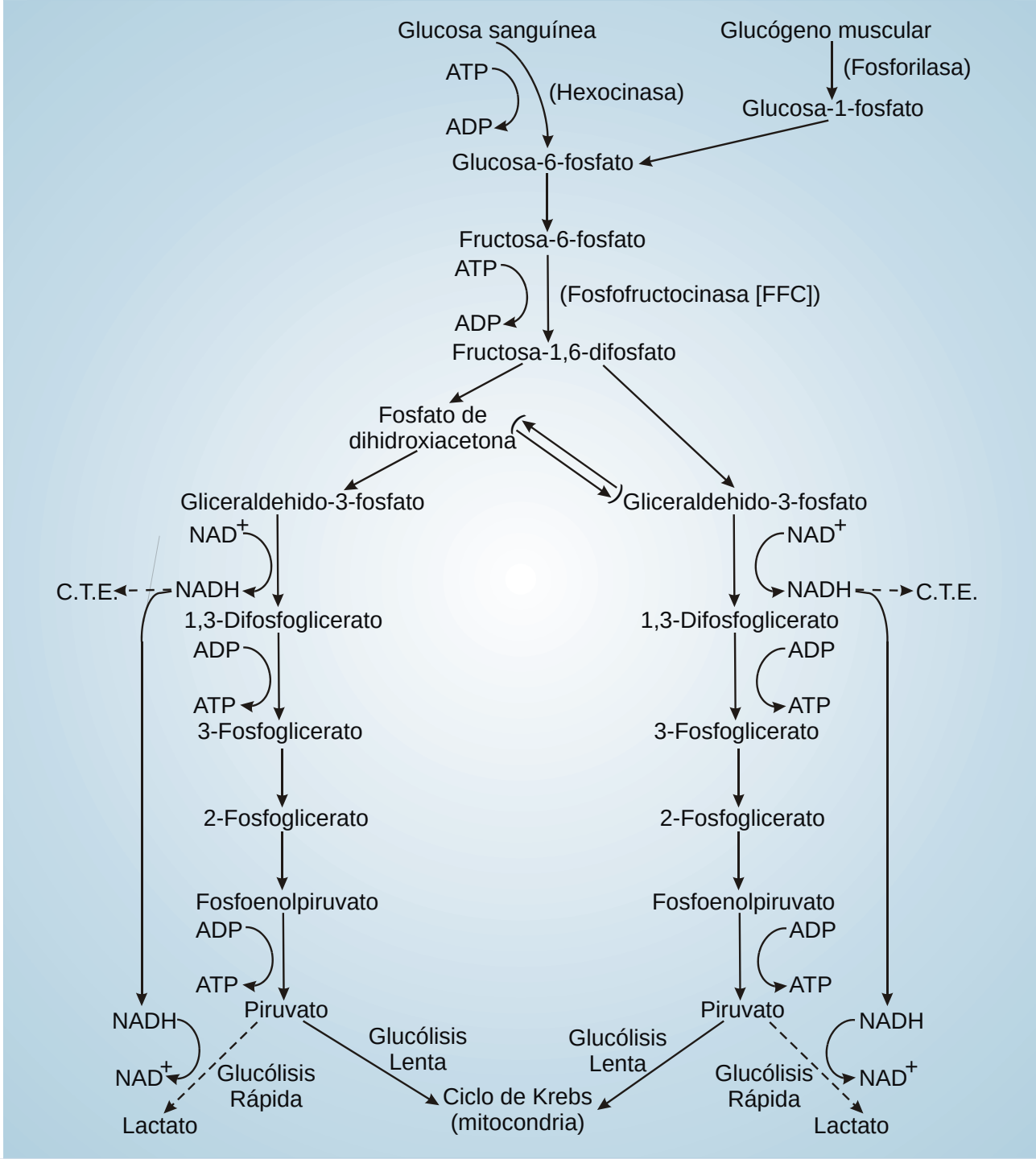

SISTEMA GLUCOLÍTICO
(GLUCÓLISIS ANAERÓBICA
(Catabolismo, forma:)
Glucosa-6-Fosfato
(Cataboliza, forma:)
Ácido Pirúvico
Ausencia de O_2
(Forma Desecho Metabólico:)
Ácido Láctico
Se Acumula en
Músculos Esqueletales
(Intramuscular)
Líquidos Corporales
(Ej: Sangre)
En un Evento de Velocidad (Ej: 100m - 800m)
↑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)



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed


Glucose
ATP
ADP
1
glucose 6-phosphate
2
fructose 6-phosphate
ATP
ADP
3
fructose 1, 6-diphosphate
4
5
dihydroxyacetone phosphate
2(3-phosphoglyceraldehyde)
NAD+
NADH + H+
6
NAD+
NADH + H+
2(1, 3-diphosphoglycerate)
ADP
ATP
7
ADP
ATP
2(3-phosphoglyceric acid)
To electron transport chain
8
To electron transport chain
2(2-phosphoglyceric acid)
H2O
9
H2O
2(phosphoenolpyruvate)
ADP
ATP
10
ADP
ATP
Lactic acid
2 (Pyruvic acid)
Lactic acid


Glucosa sanguínea
Glucógeno muscular
ATP
(Hexocinasa)
(Fosforilasa)
ADP
Glucosa-1-fosfato
Glucosa-6-fosfato
Fructosa-6-fosfato
ATP
(Fosfofructocinasa [FFC])
ADP
Fructosa-1,6-difosfato
Fosfato de dihidroxiacetona
Gliceraldehido-3-fosfato
Gliceraldehido-3-fosfato
NAD+
NAD+
C.T.E.
NADH
NADH
C.T.E.
1,3-Difosfoglicerato
1,3-Difosfoglicerato
ADP
ADP
ATP
ATP
3-Fosfoglicerato
3-Fosfoglicerato
2-Fosfoglicerato
2-Fosfoglicerato
Fosfoenolpiruvato
Fosfoenolpiruvato
ADP
ADP
ATP
ATP
NADH
Piruvato
Piruvato
NADH
Glucólisis Lenta
Glucólisis Lenta
NAD+
Glucólisis Rápida
Glucólisis Rápida
NAD+
Ciclo de Krebs (mitocondria)
Lactato
Lactato

METABOLISMO AERÓBICO

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

EL SISTEMA OXIDATIVO
(METABOLISMO AERÓBICO)

FUENTES DE ATP

↓

PRODUCCIÓN AERÓBICA

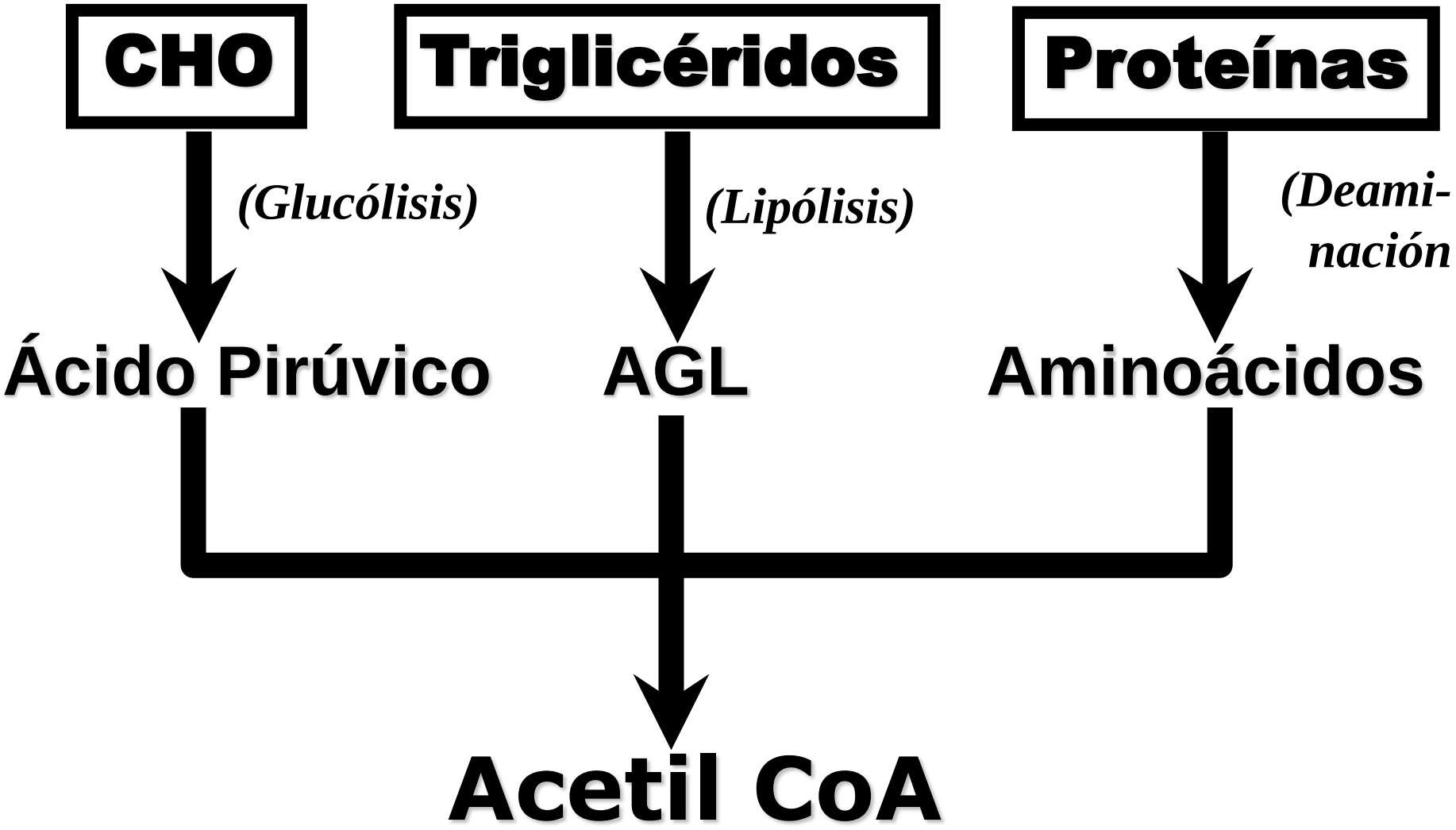
↓ Ciclo de Krebs
(Ciclo del Ácido Cítrico o
Ciclo del Ácido Tricarboxílico)

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

↓ Cadena del Transporte Electrónico y la Fosforilación Oxidativa

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

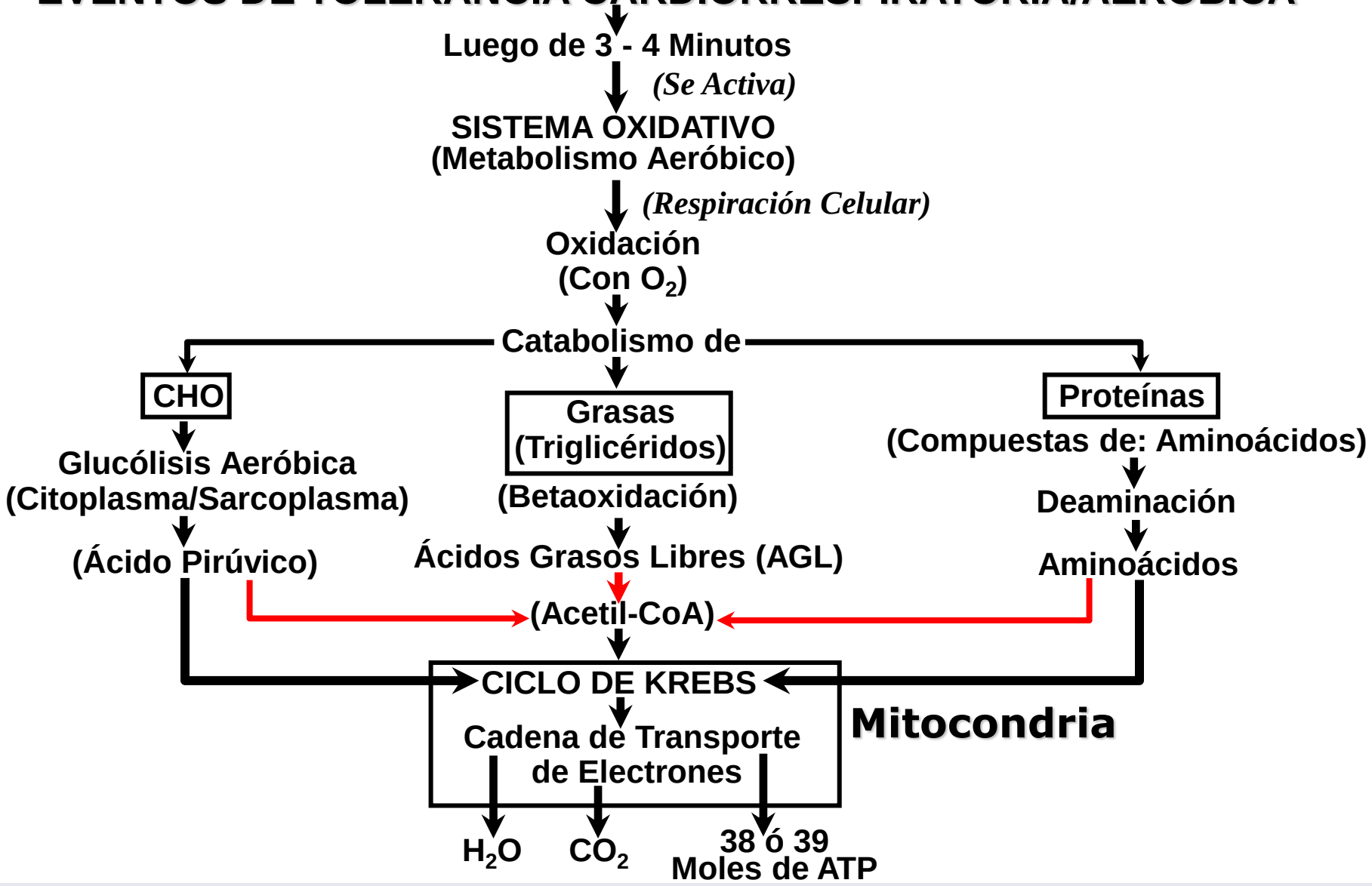
SISTEMA OXIDATIVO



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

SISTEMA OXIDATIVO

EVENTOS DE TOLERANCIA CARDIORRESPIRATORIA/AERÓBICA



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

METABOLISMO AERÓBICO: *SISTEMA OXIDATIVO*

(Respiración Celular)

Oxidación (Con O_2)

Catabolismo de

Grasas (Triglicéridos)

(Betaoxidación)

Ácidos Grasos Libres (AGL)

CHO

(Glucosa-6-Fosfato)

GLUCÓLISIS AERÓBICA

(2 [Glucosa] a 3 [Glucógeno] moles de ATP)

Proteínas

(Compuestas de: Aminoácidos)

Deaminación

Aminoácidos

Ácido Pirúvico

O_2 Presente

Acetil-CoA
(Acetil Coenzima A)

CICLO DE KREBS
(Ciclo de Ácido Cítrico)

Forma:

- 1 mol ATP (Glucosa)
- 2 moles ATP (Glucógeno)

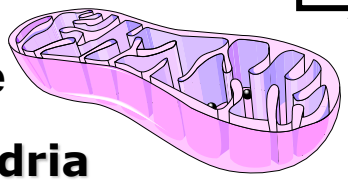
Elimina CO_2

(Vía Pulmones)

H^+ H^+

CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRONES
(Fosforilación Oxidativa)

Ocurre en la **Mitocondria**



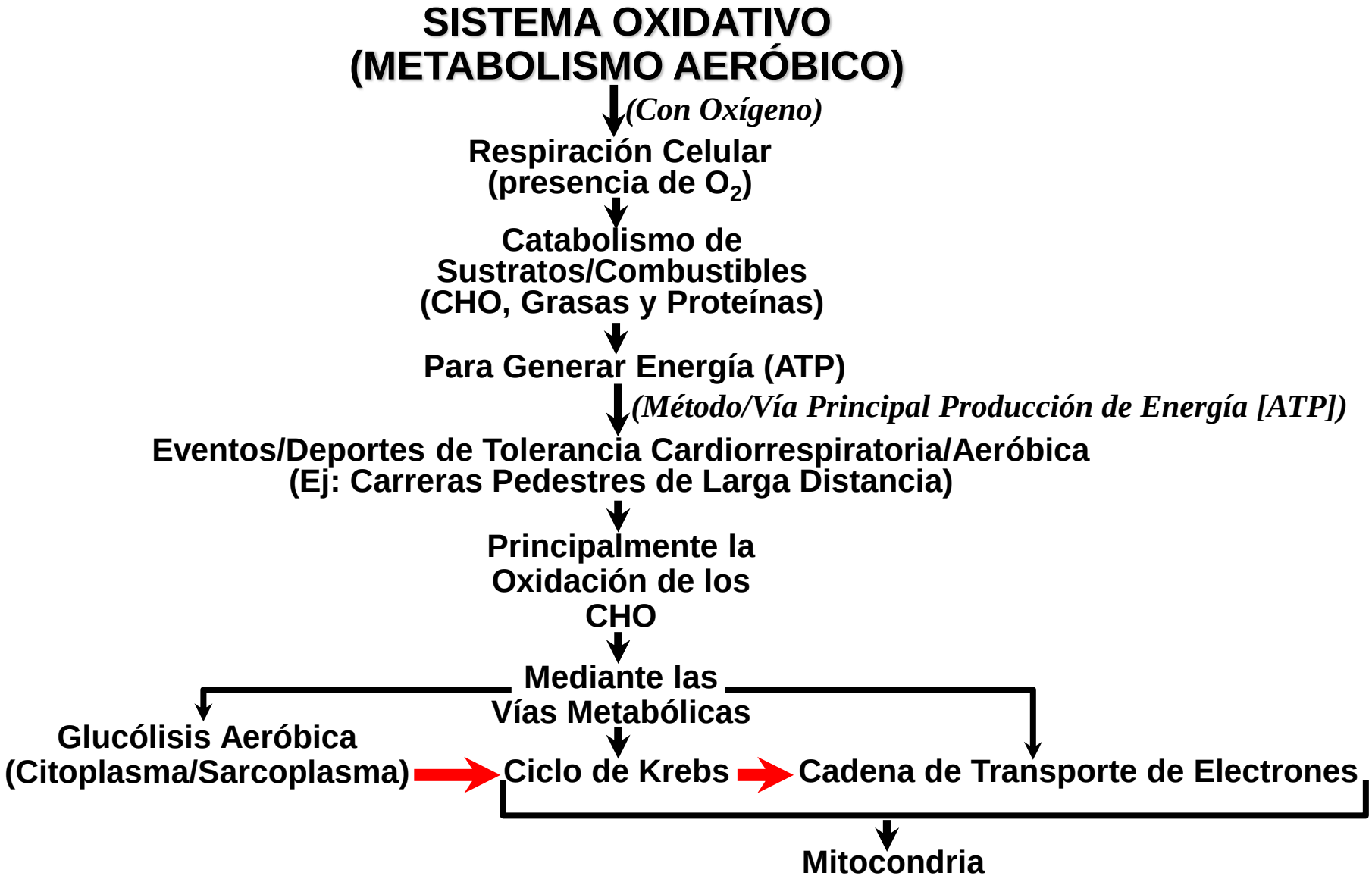
O_2 H^+

H_2O

Forma: *Producción Neta:*

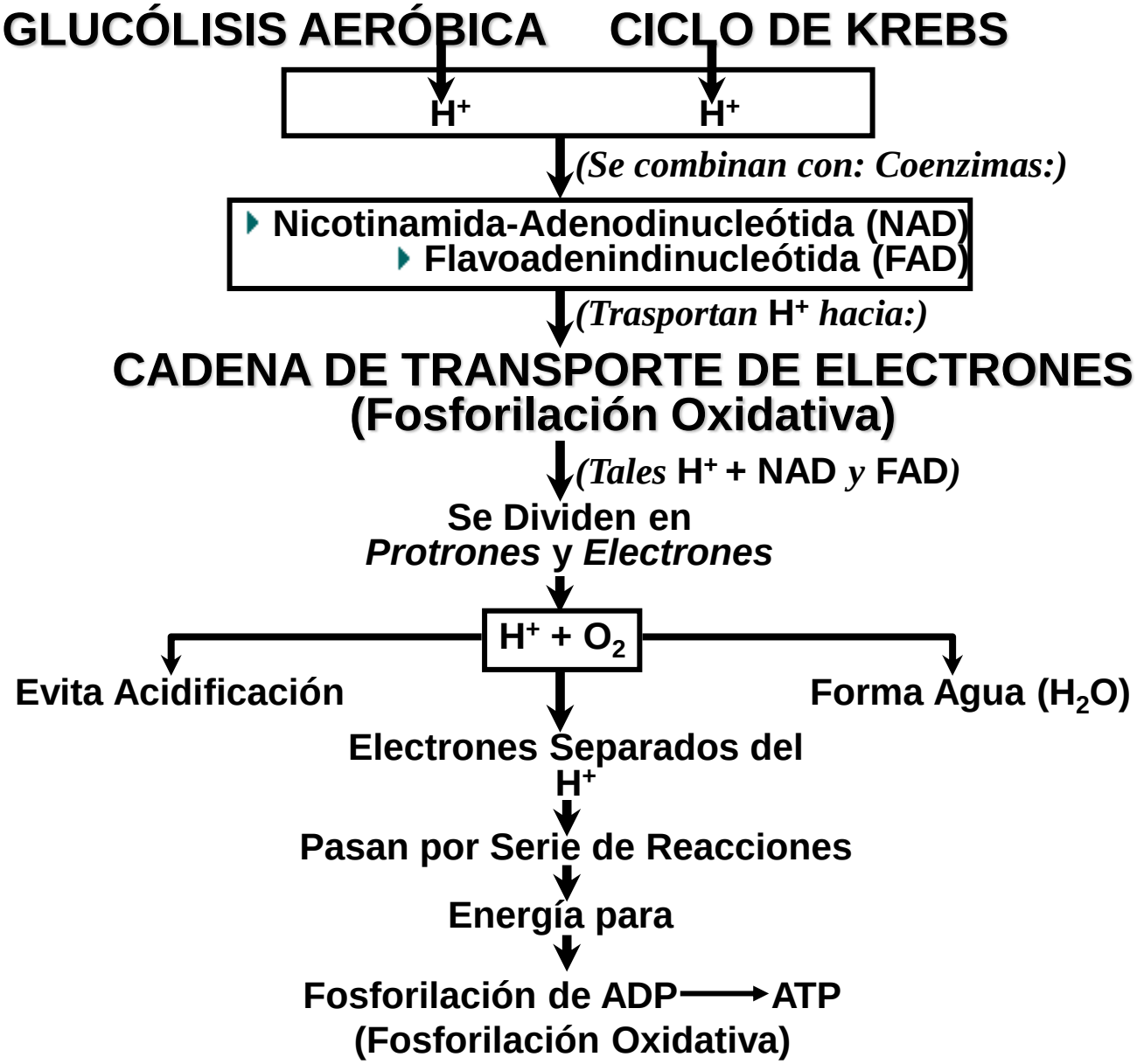
- 38 moles ATP (Glucosa)
- 39 moles ATP (Glucógeno)

SISTEMA OXIDATIVO



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

SISTEMA OXIDATIVO
(METABOLISMO AERÓBICO)



SISTEMA OXIDATIVO *(METABOLISMO AERÓBICO)*

Oxidación de los CHO

↓

(Glucosa-6-Fosfato)

↓

GLUCÓLISIS AERÓBICA

↓

(2 [Glucosa] a 3 [Glucógeno] moles de ATP)

↓

Ácido Pirúvico

↓

O_2 Presente

↓

Acetil-CoA
(Acetil Coenzima A)

↓

CICLO DE KREBS
(Ciclo de Ácido Cítrico)

↓ Forma:

- 1 mol ATP (Glucosa)
- 2 moles ATP (Glucógeno)

↓ Elimina CO_2

↓

(Vía Pulmones)

↓ H^+

↓ H^+

CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRONES
(Fosforilación Oxidativa)

↓ O_2 ↓ H^+

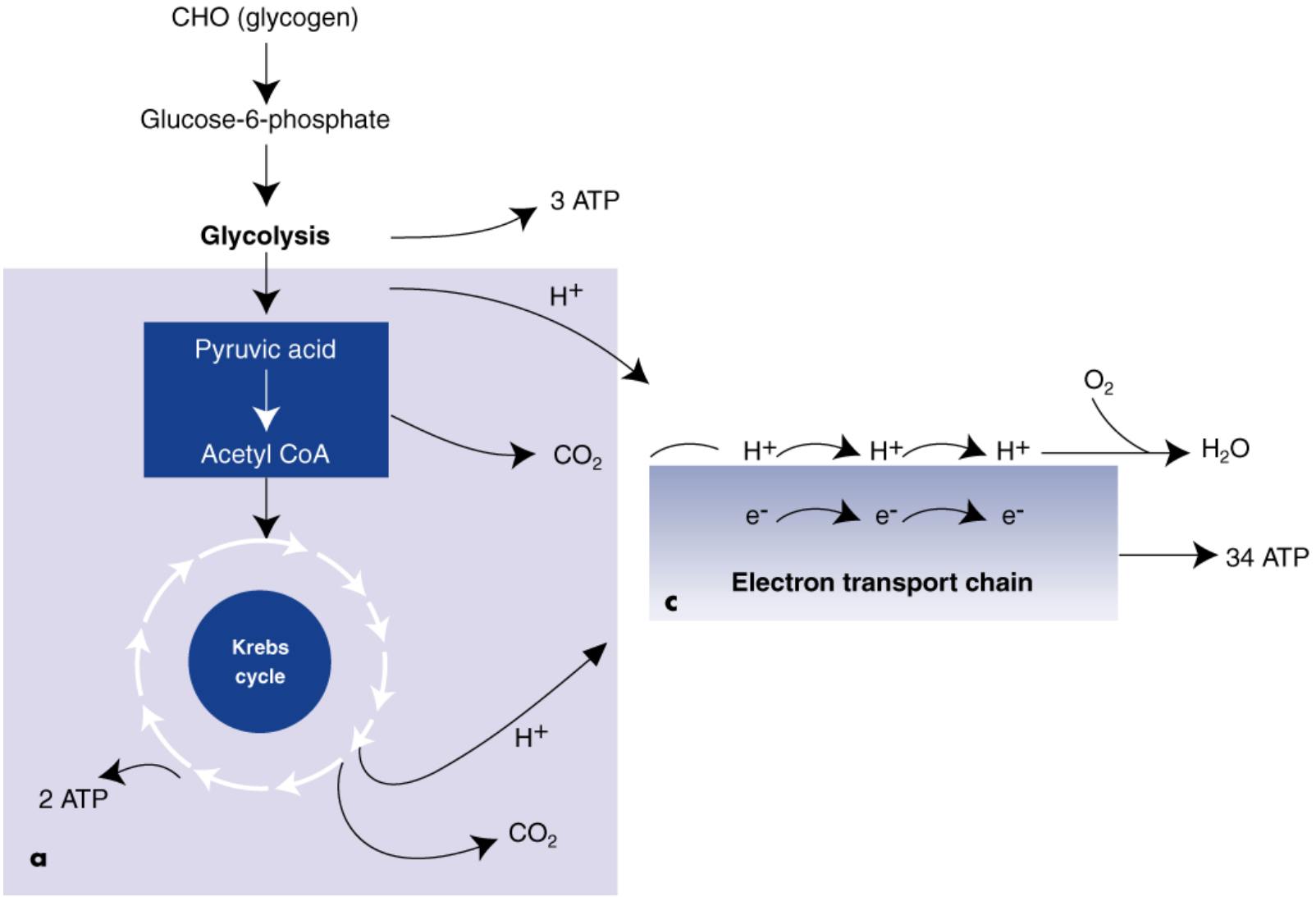
H_2O

↓ Forma:

- 33 moles ATP (Glucosa)
- 34 moles ATP (Glucógeno)

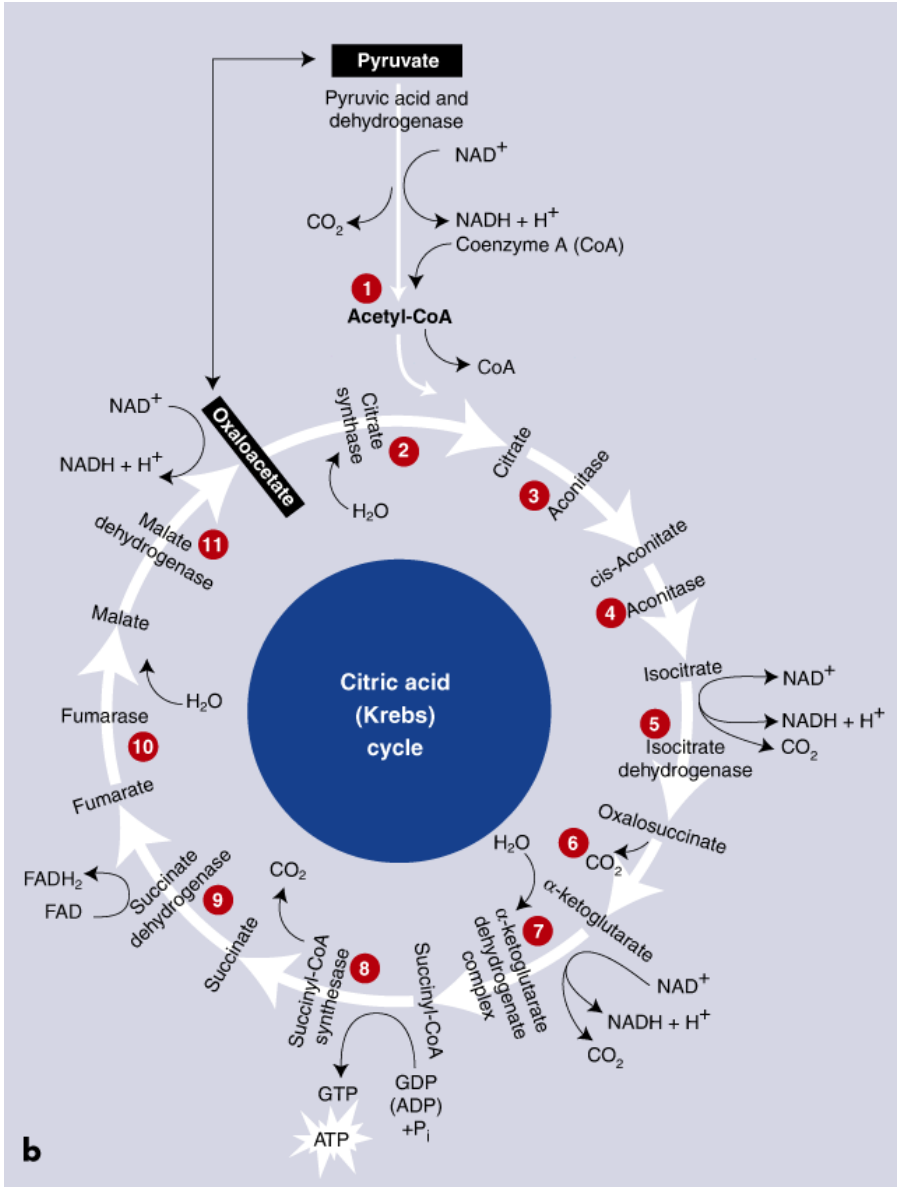
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

GLUCÓLISIS AERÓBICA Y LA CADENA DE TRANSPORTE DE ELECTRÓNES

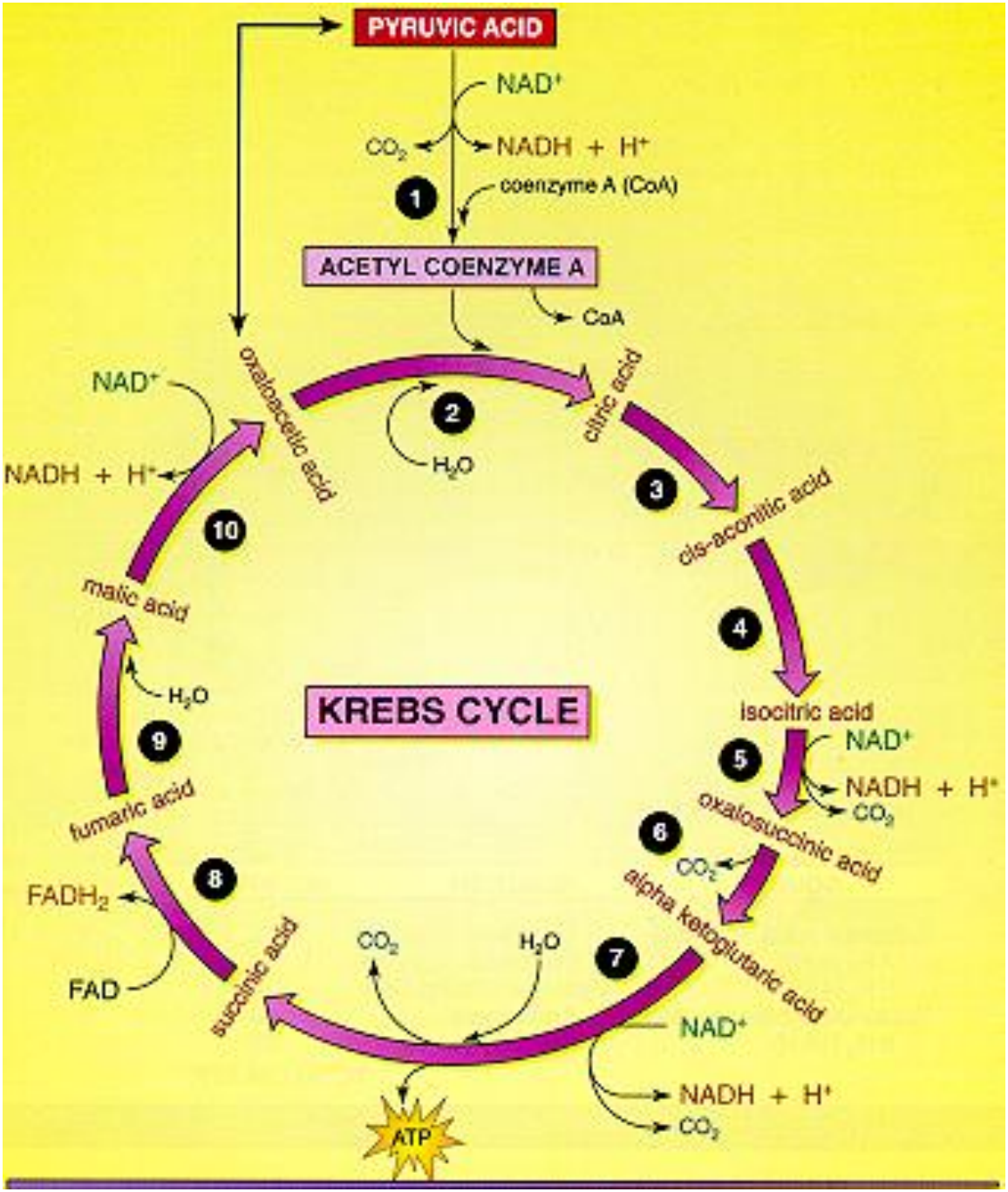


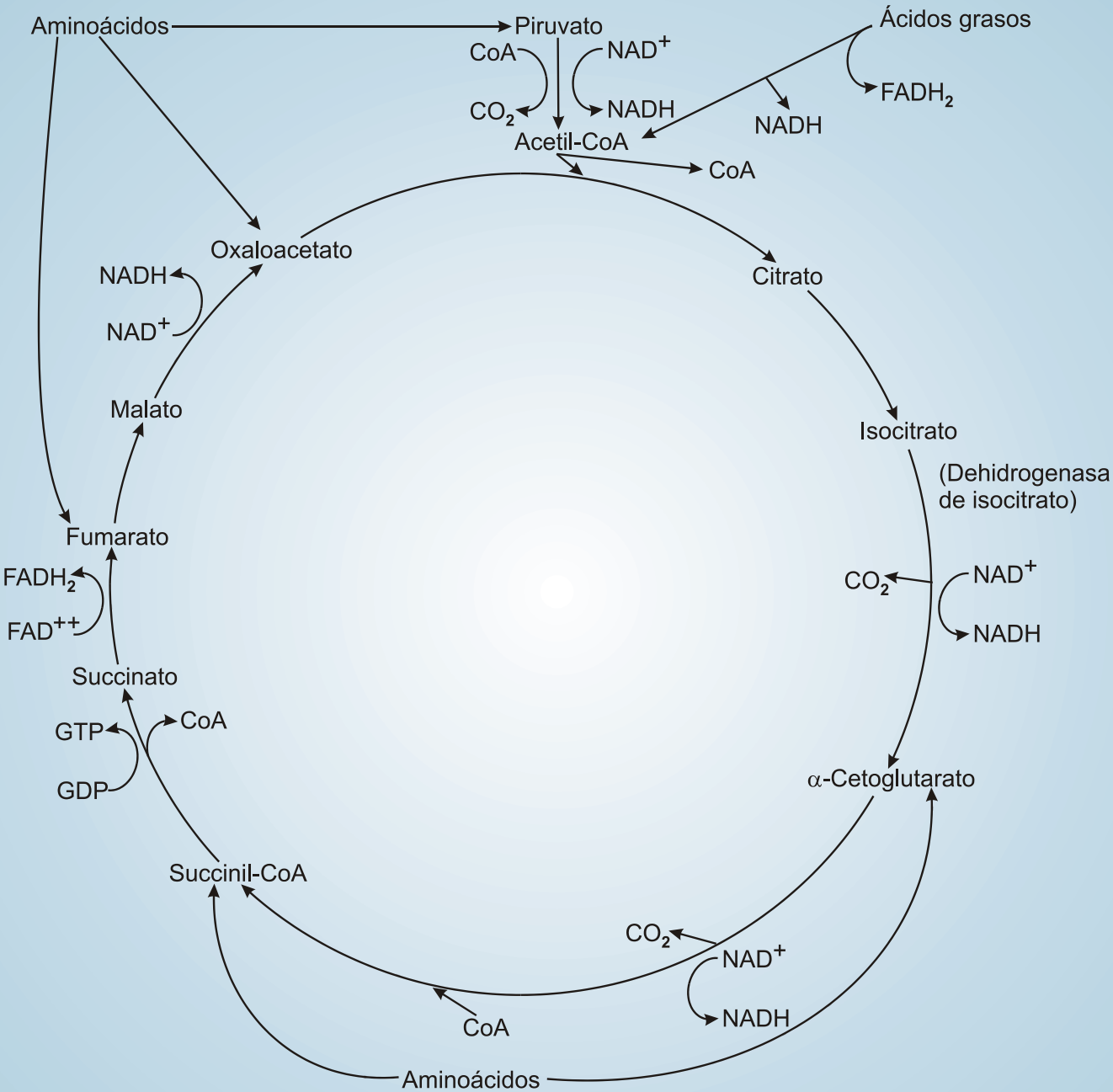
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CICLO DE KREBS

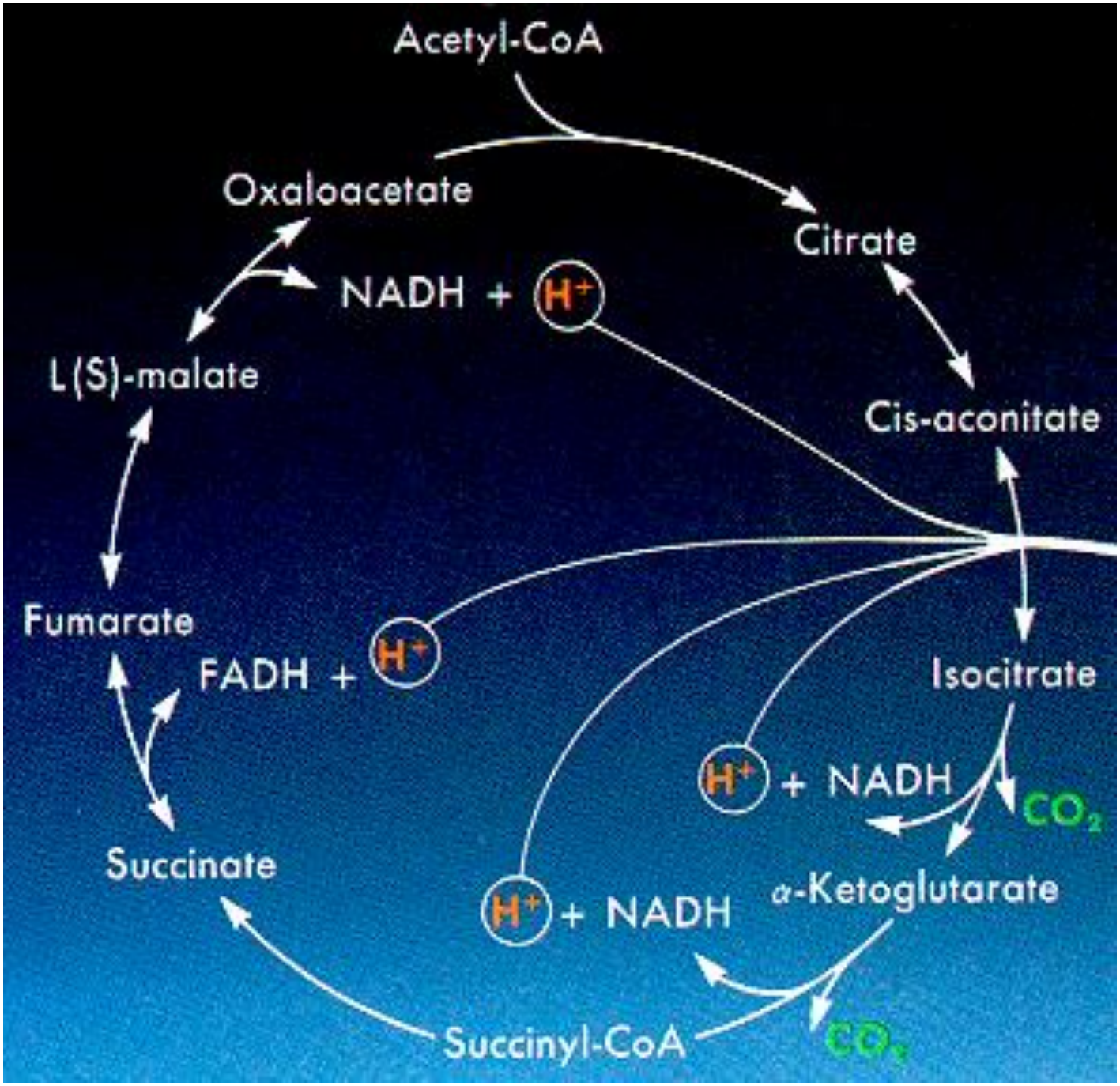


Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

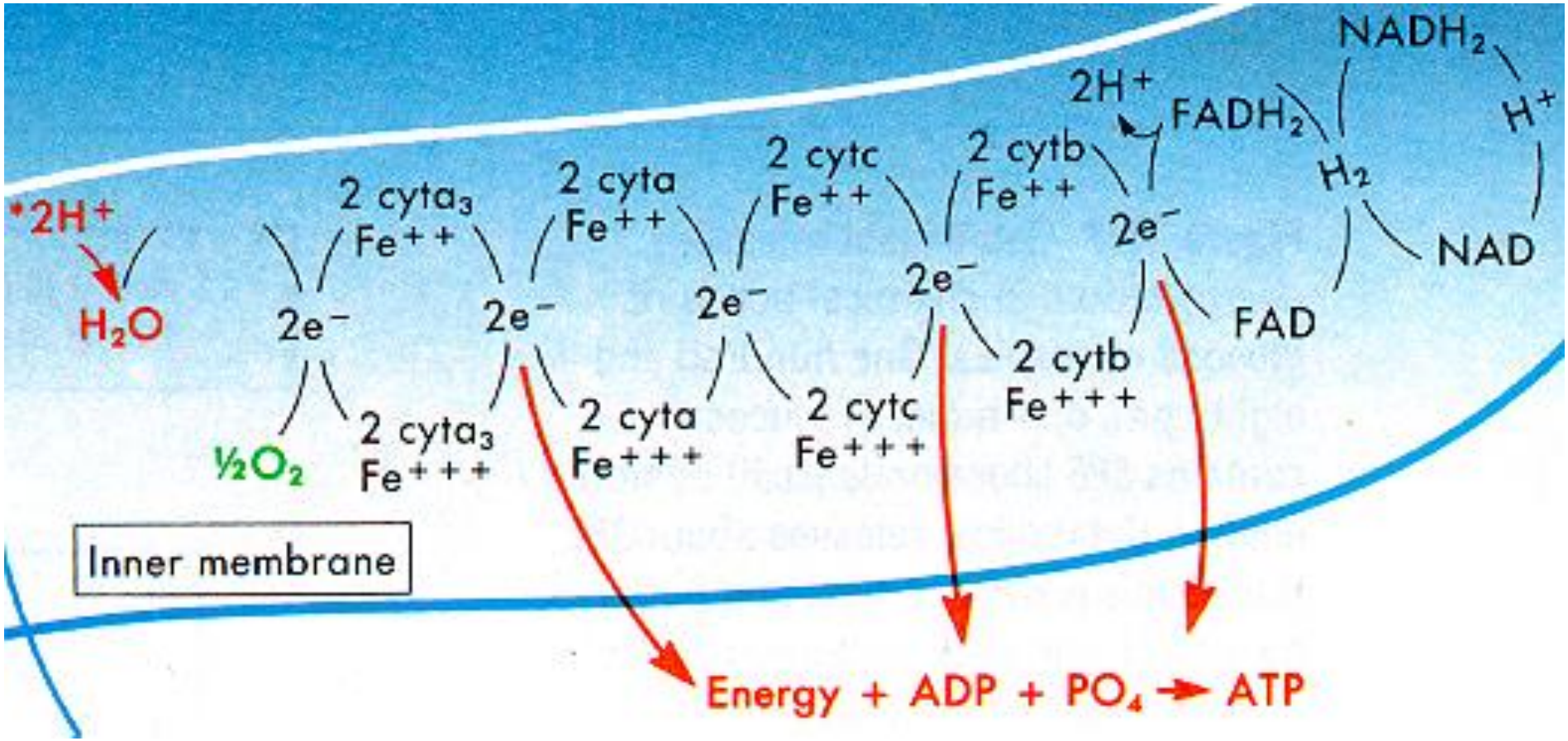

PYRUVIC ACID
NAD+
CO2
NADH + H+
coenzyme A (CoA)
1
ACETYL COENZYME A
CoA
oxaloacetic acid
citric acid
2
H2O
3
cis-aconitic acid
4
isocitric acid
NAD+
5
NADH + H+
CO2
oxalosuccinic acid
6
CO2
alpha ketoglutaric acid
7
CO2
H2O
NAD+
NADH + H+
CO2
ATP
succinic acid
8
FADH2
FAD
fumaric acid
9
H2O
malic acid
10
NAD+
NADH + H+
KREBS CYCLE



El ciclo de Krebs. CoA = coenzima A; FAD^{++}/$FADH_2$ = flavina adenina dinucleótido; GDP = guanosina difosfato; GTP = guanosina trifosfato; NAD/NADH = nicotinamida adenina dinucleótido.

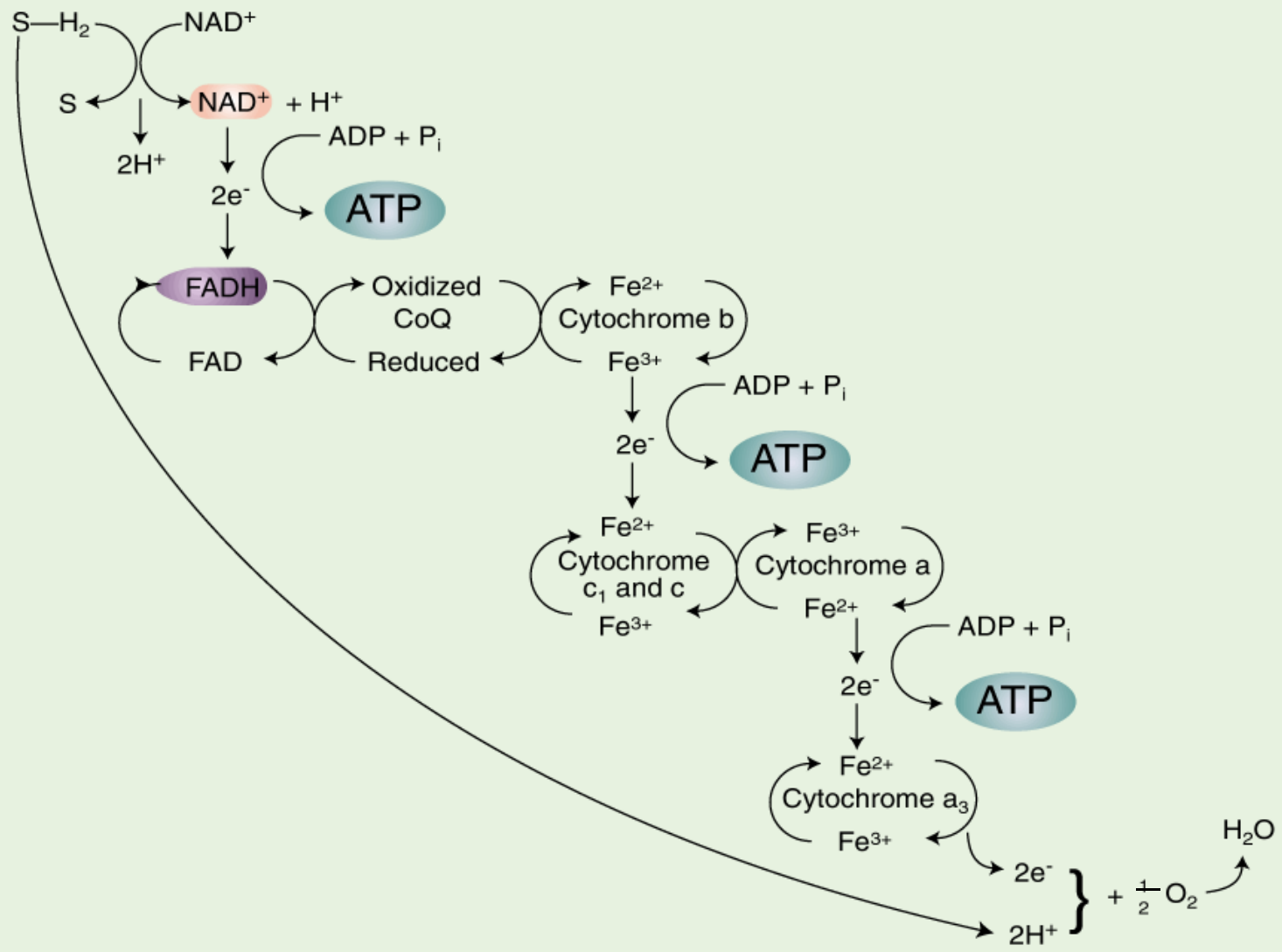

Acetyl-CoA
Oxaloacetate
Citrate
NADH + H+
L(S)-malate
Cis-aconitate
Fumarate
FADH + H+
Isocitrate
H+ + NADH
CO2
Succinate
α-Ketoglutarate
H+ + NADH
Succinyl-CoA
CO2

CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNCO
(FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)



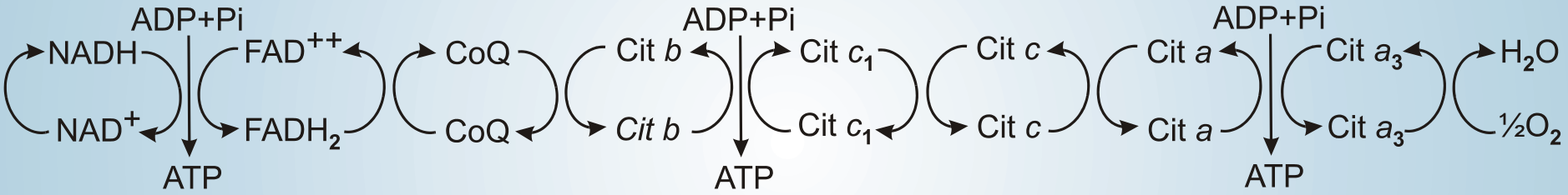
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FOSFORILACIÓN OXIDATIVA:



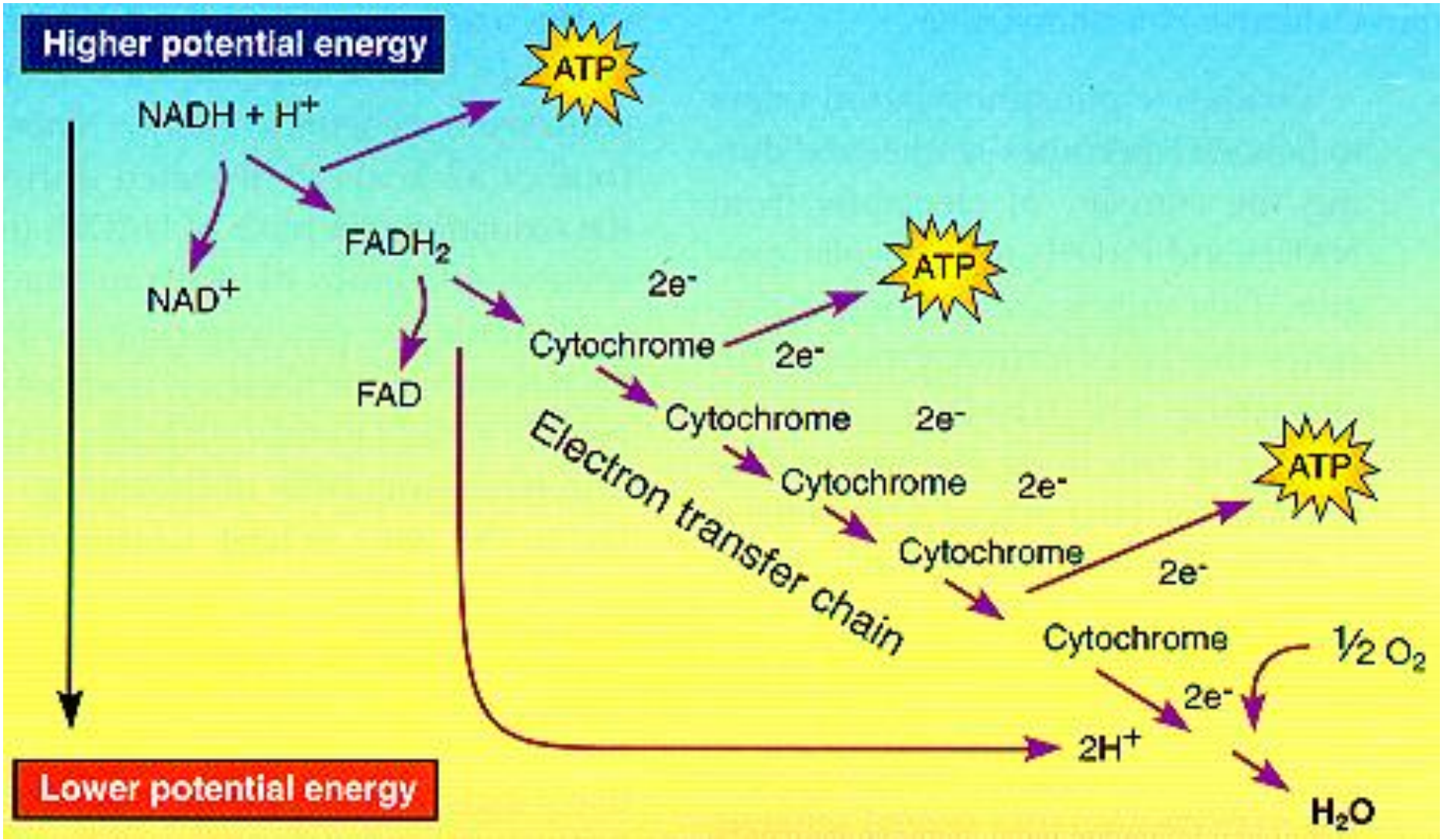
Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CADENA DE TRANSPORTE ELECTRÓNCO
(FOSFORILACIÓN OXIDATIVA)

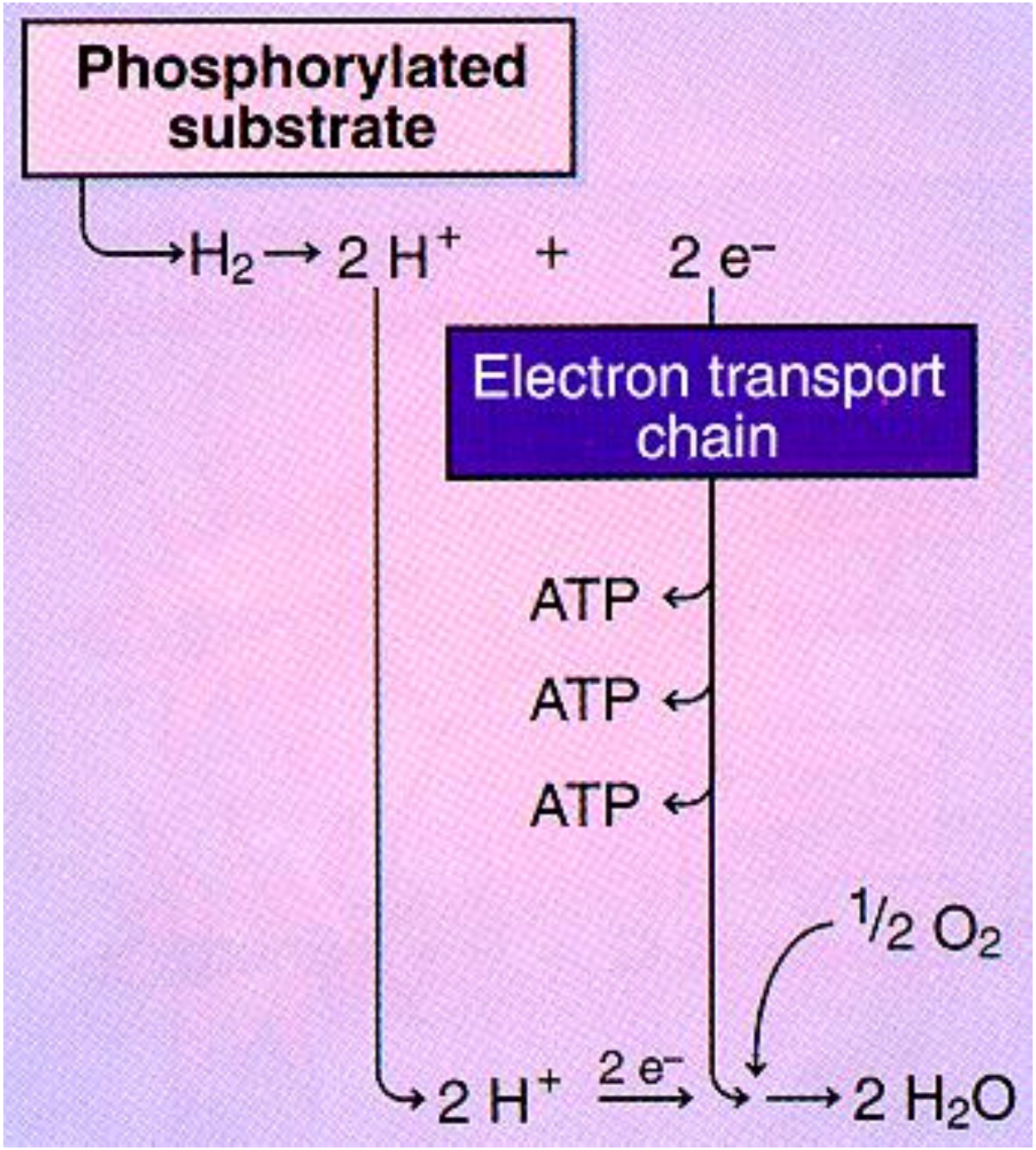


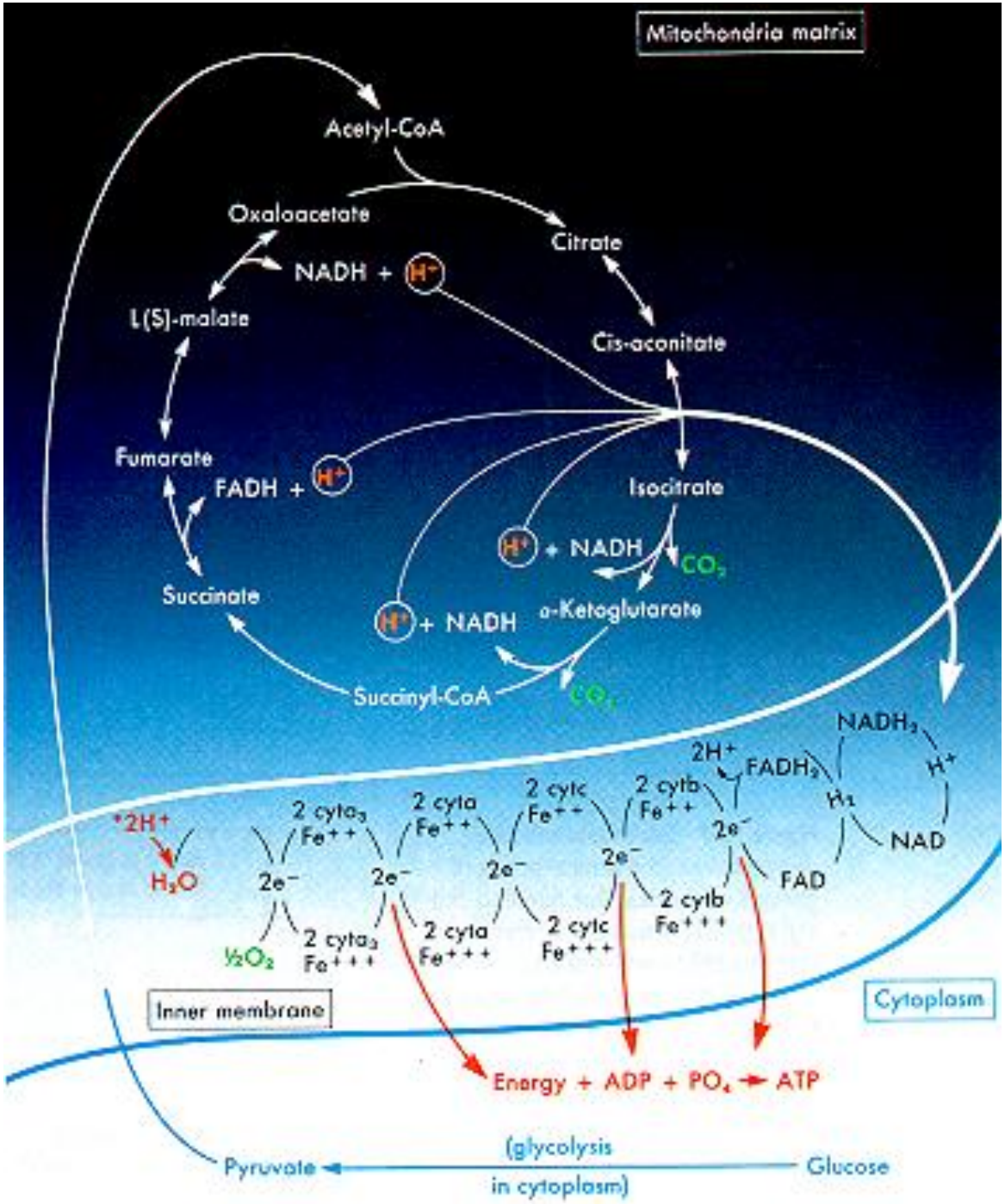
La cadena del transporte electrónico. CoQ = coenzima Q; cit = citocromo.

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed


Phosphorylated substrate
$H_2 \rightarrow 2\ H^+ + 2\ e^-$
Electron transport chain
ATP
ATP
ATP
$\frac{1}{2}\ O_2$
$2\ H^+$
$2\ e^-$
$2\ H_2O$


Mitochondria matrix
Acetyl-CoA
Oxaloacetate
Citrate
NADH + H+
L(S)-malate
Cis-aconitate
Fumarate
FADH + H+
Isocitrate
H+ + NADH
CO2
Succinate
H+ + NADH
α-Ketoglutarate
Succinyl-CoA
CO2
NADH2
2H+
FADH2
H+
H2
NAD
FAD
*2H+
H2O
2 cyta3 Fe++
2 cyta Fe++
2 cytc Fe++
2 cytb Fe++
2e−
2e−
2e−
2e−
2e−
½O2
2 cyta3 Fe+++
2 cyta Fe+++
2 cytc Fe+++
2 cytb Fe+++
Inner membrane
Cytoplasm
Energy + ADP + PO4 → ATP
Pyruvate
(glycolysis in cytoplasm)
Glucose

SISTEMA OXIDATIVO (METABOLISMO AERÓBICO

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

↓

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

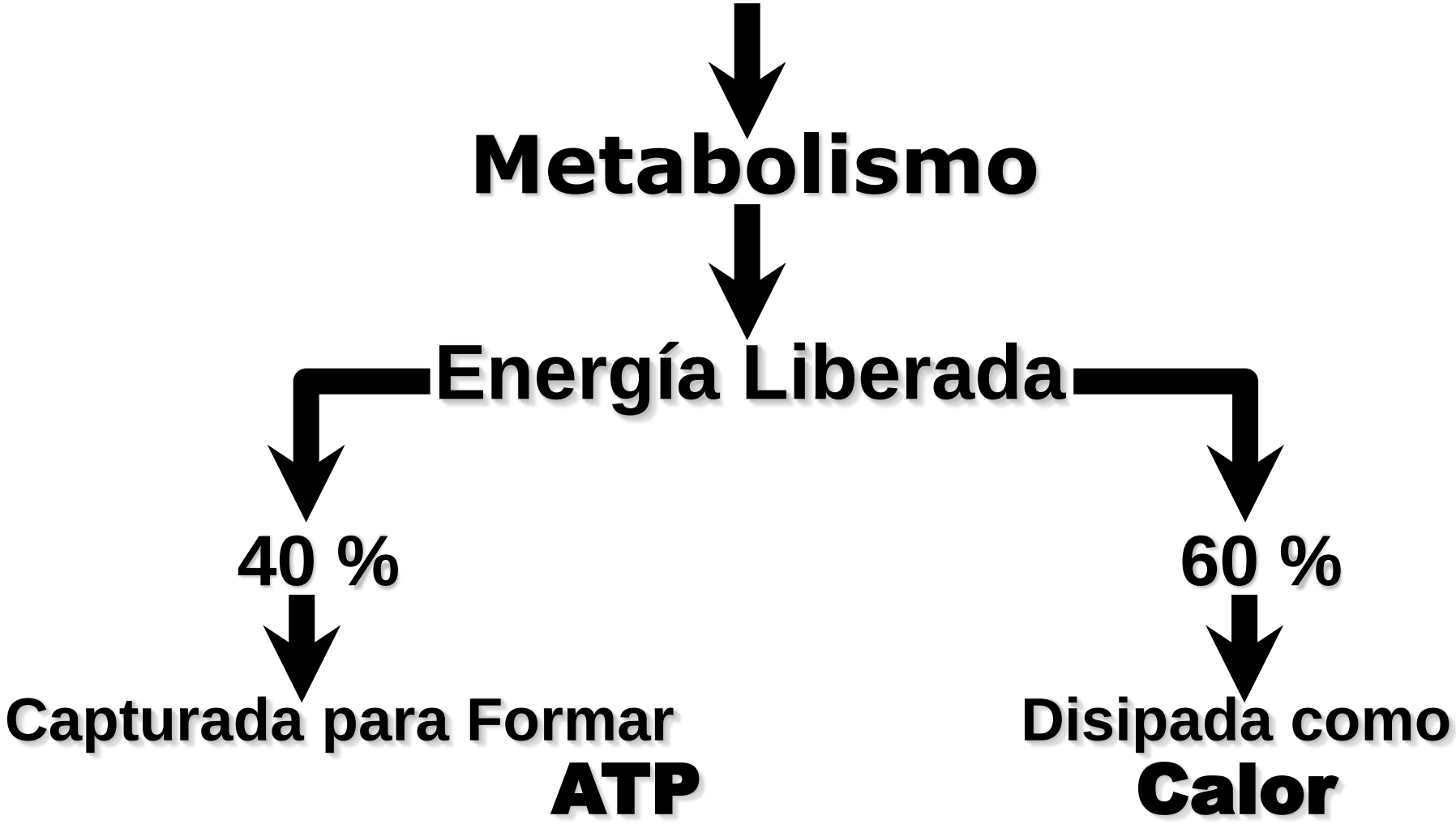
↓

- **Glucógeno → 39 Moléculas de ATP**
- **Glucosa → 38 Moléculas de ATP**

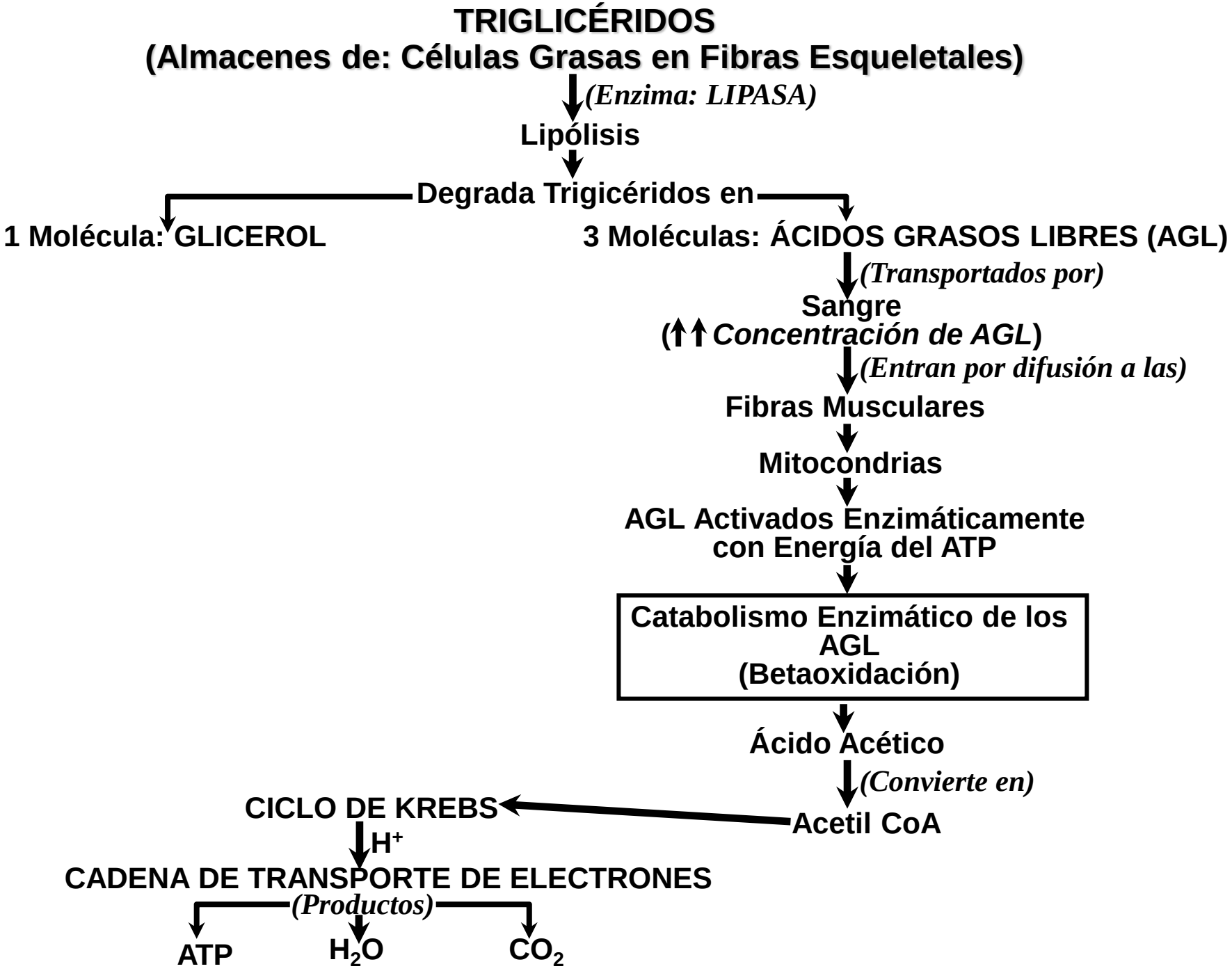
(1 mol ATP *(Usado para convertirse en)* → Glucosa-6-Fosfato)

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

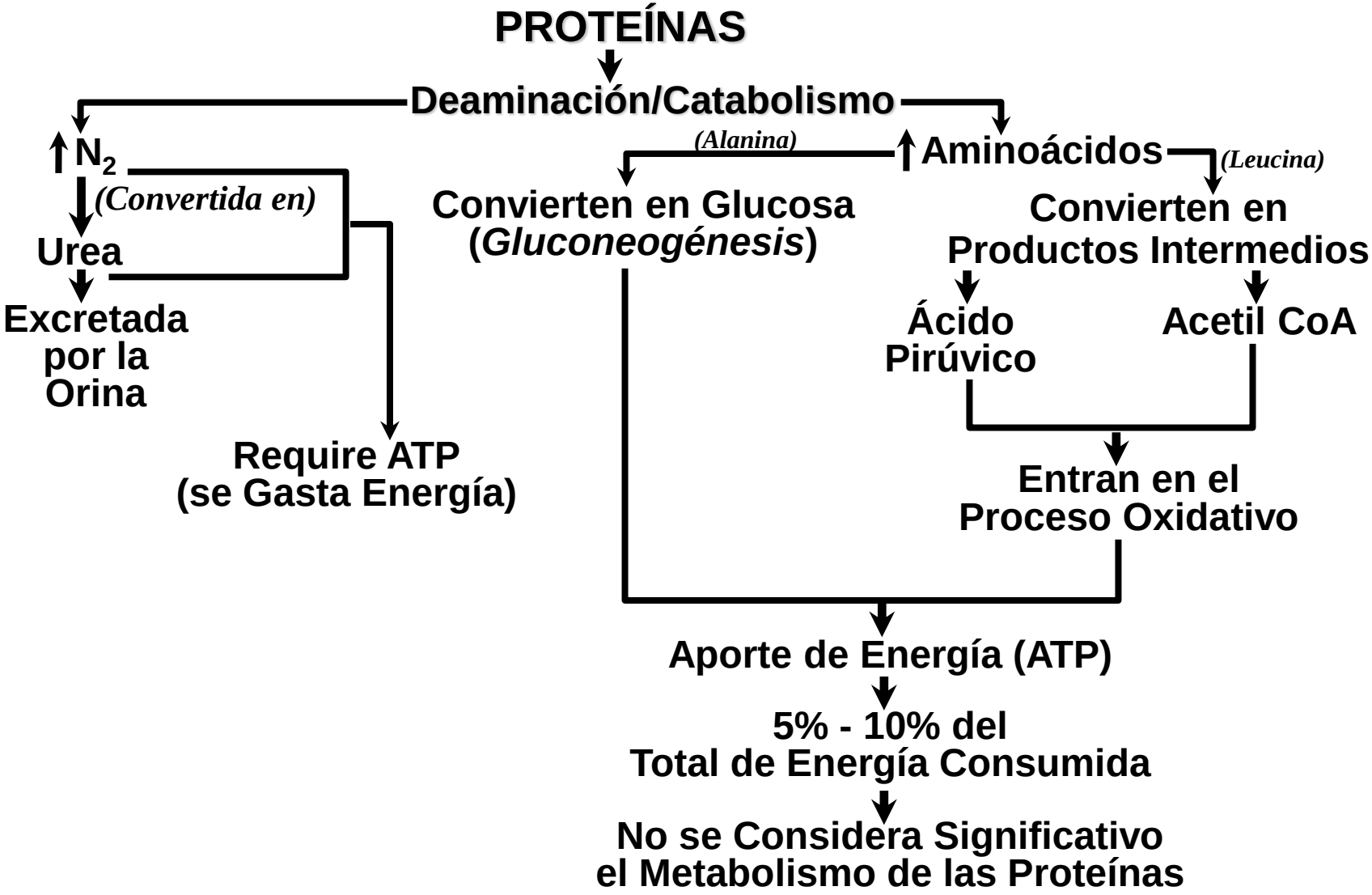
SISTEMA OXIDATIVO



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed


TRIGLICÉRIDOS
(Almacenes de: Células Grasas en Fibras Esqueletales)
(Enzima: LIPASA)
Lipólisis
Degrada Trigicéridos 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



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

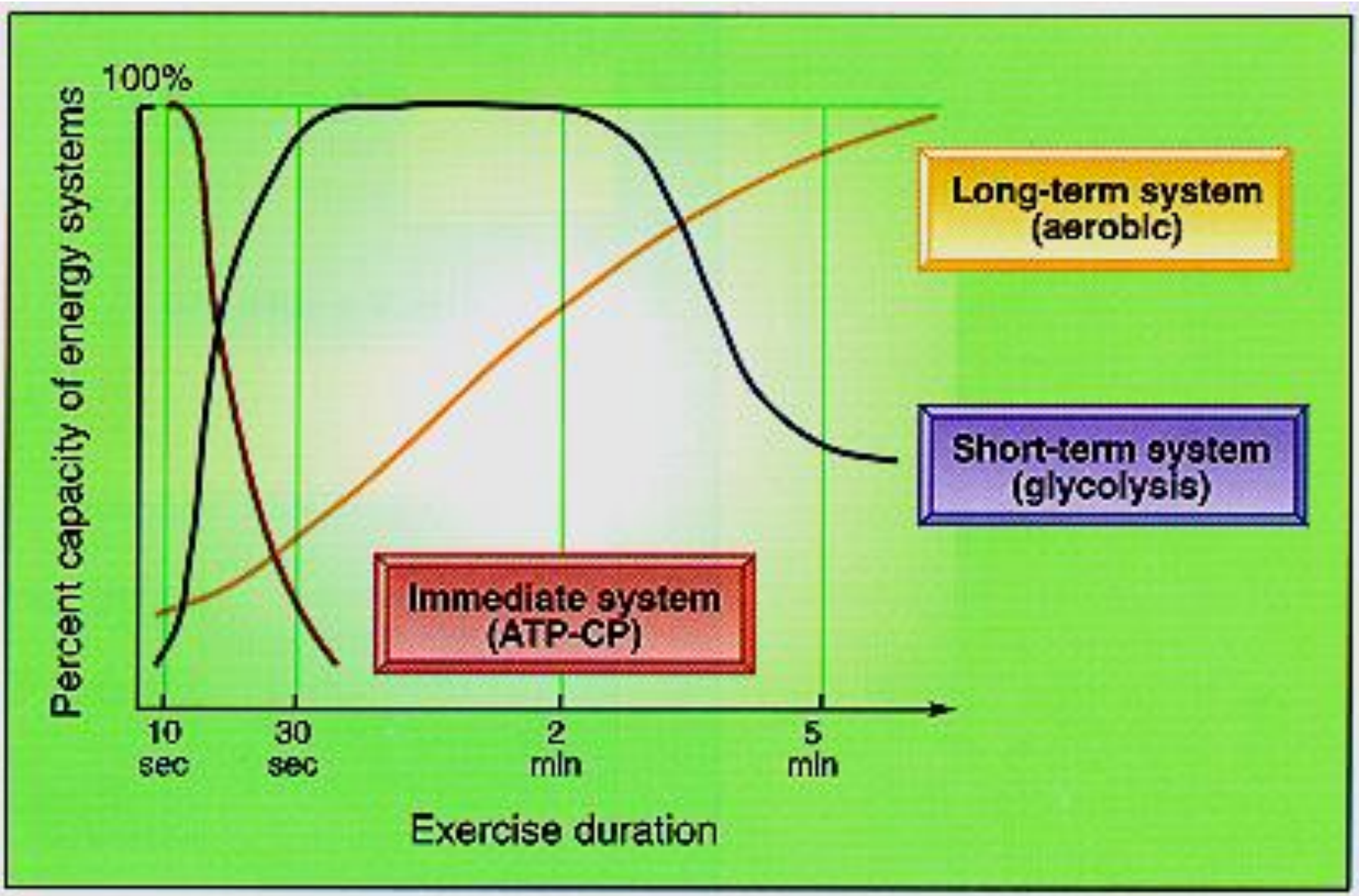
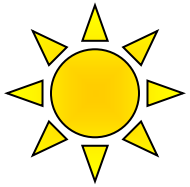
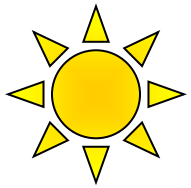


FIGURE 12-1. The three systems of energy transfer, and their relative degree of activation during all-out exercise of different durations.

EL CONTINUUM ENERGÉTCO



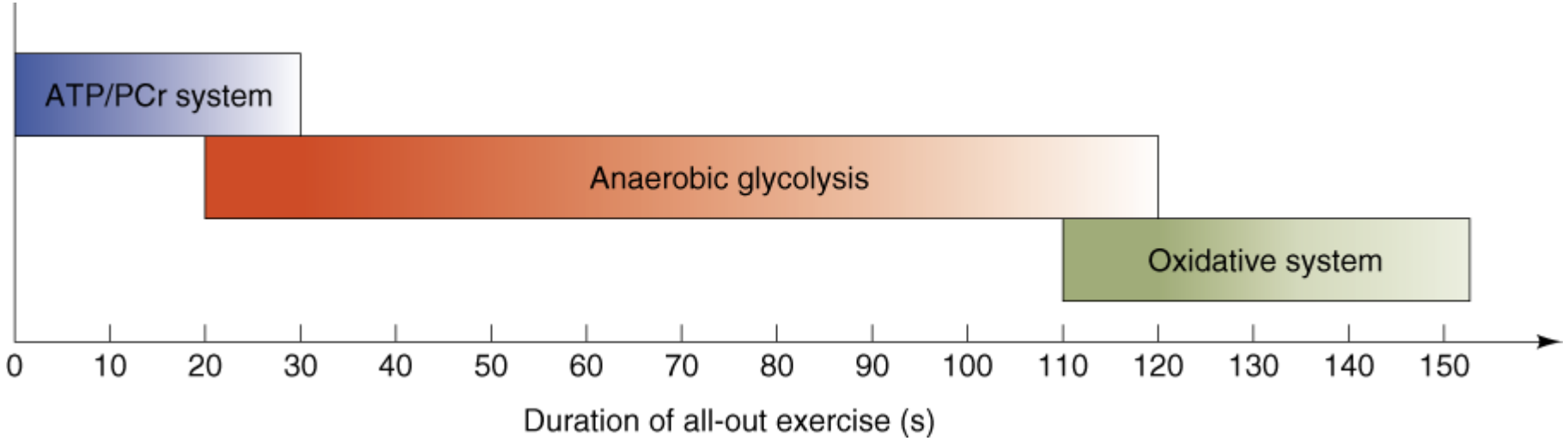
Concepto



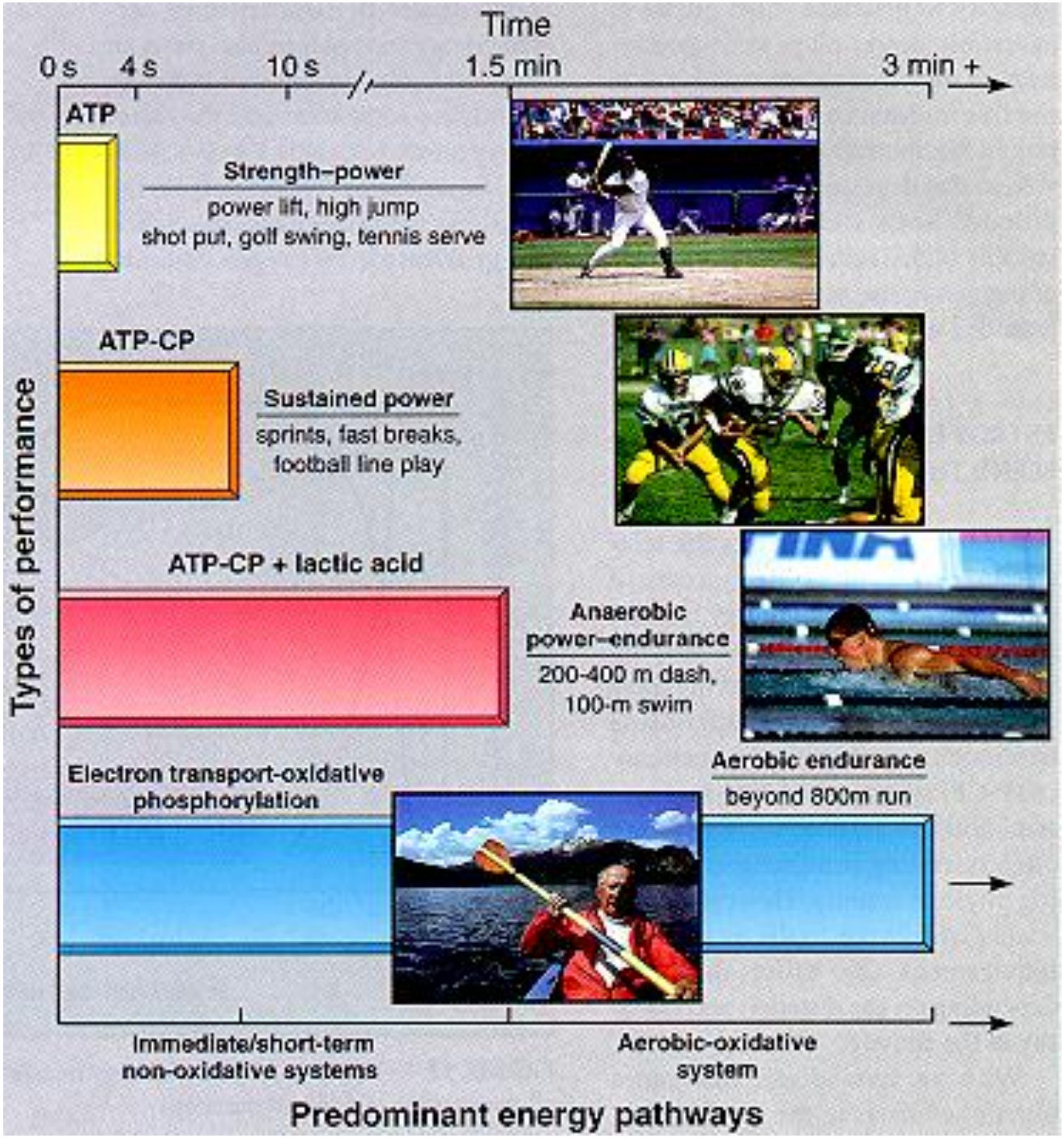
La Capacidad de Cualquier Sistema Energético para Suministrar ATP se Vincula con el Tipo Específico de Actividad Física

Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

INTERACCIÓN DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS ILUSTRANDO EL SISTEMA ENERGÉTICO PREDOMINANTE



Copyright © 2022 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed


Time
0 s
4 s
10 s
1.5 min
3 min +
ATP
Strength–power
power lift, high jump
shot put, golf swing, tennis serve
ATP-CP
Sustained power
sprints, fast breaks,
football line play
ATP-CP + lactic acid
Anaerobic
power–endurance
200-400 m dash,
100-m swim
Electron transport-oxidative
phosphorylation
Aerobic endurance
beyond 800m run
Types of performance
Immediate/short-term
non-oxidative systems
Aerobic-oxidative
system
Predominant energy pathways