

L'ANABOLISME HÉTÉRÔTROF

L'anabolisme heteròtrof: concepte i característiques

- Procés metabòlic de formació de molècules orgàniques complexes a partir de molècules orgàniques senzilles.
- **Té lloc en cèl·lules autòtrofes i heteròtrofes.**
- Es poden diferenciar dues fases:
 - **1a fase: biosíntesi de monòmers** a partir de precursors més senzills que poden procedir de:
 - el catabolisme de substàncies de reserva
 - la digestió d'aliments orgànics (només cèl·lules heteròtrofes)
 - la fotosíntesi o quimiosíntesi (només cèl·lules autòtrofes)
 - **2a fase: biosíntesi de polímers**, a partir de monòmers.

FASES:

❖ Biosíntesis de monómeros:

Ácido Pirúvico → Glucosa
acetil-Co-A → Ácido graso

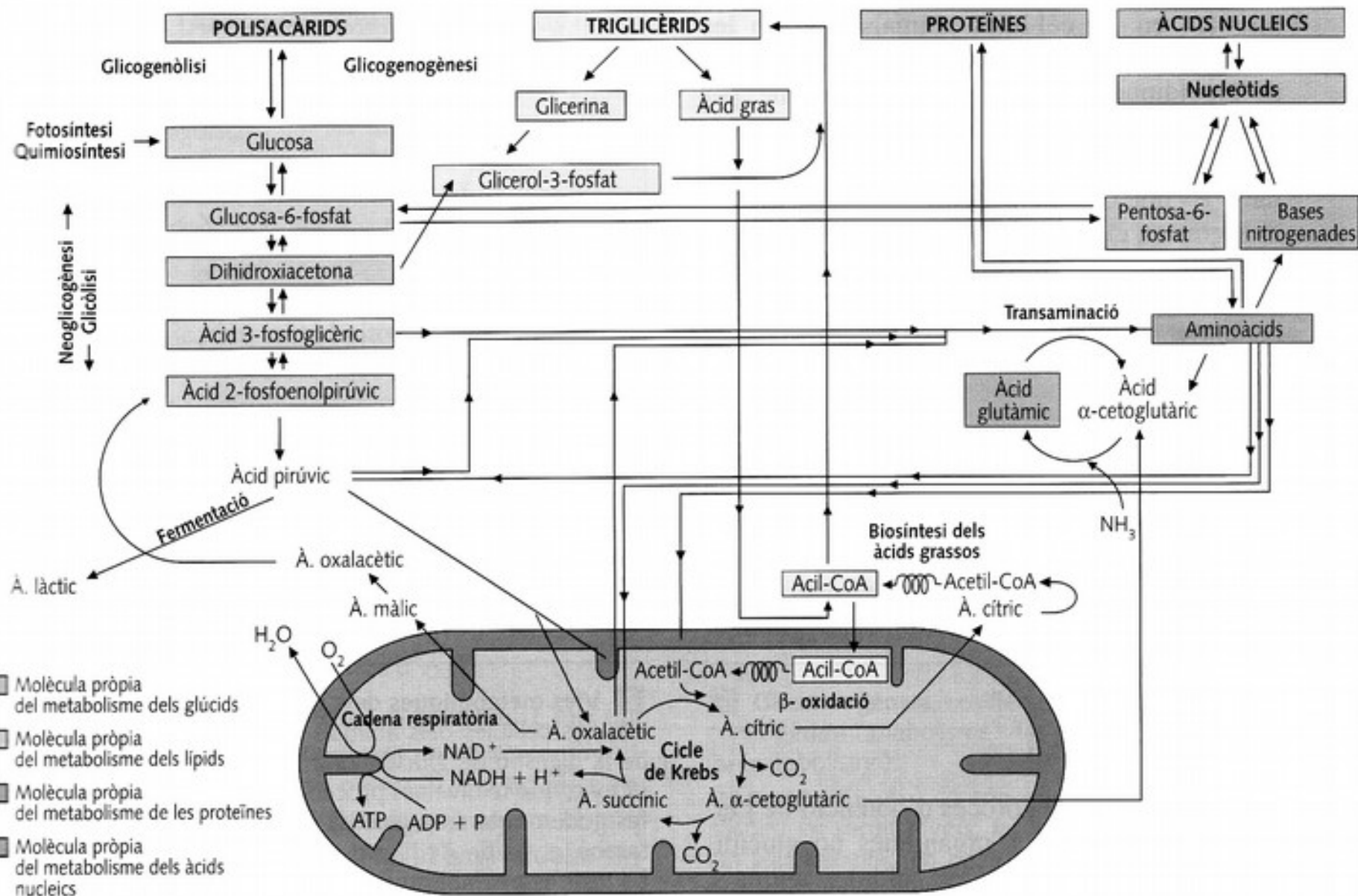
❖ Biosíntesis de polímeros:

Glucosa → Almidón
Glucógeno

Aminoácidos → Proteínas

Nucleótidos → Ácidos nucleicos

- És un procés de reducció (a diferència del catabolisme) que requereix d'energia (ATP).
- Les reaccions anabòliques són endergòniques. L'energia consumida en l'anabolisme queda emmagatzemada en els enllaços químics de les biomolècules sintetitzades.
- En els vegetals l'anabolisme és principalment de **glúcids** (midó, cel·lulosa, ...) mentre que en els animals vertebrats és de **proteïnes**.
- La majoria de les reaccions anabòliques tenen lloc al citosol, excepte:
 - La **síntesi d'àcids nucleics**, que té lloc al nucli, mitocondris i cloroplasts.
 - La **síntesi de proteïnes**, que té lloc als ribosomes i al reticle endoplasmàtic rugós (RER).
 - La **síntesi de fosfolípids i colesterol**, que es dona al reticle endoplasmàtic.
 - La **glicosilació de proteïnes i lípids**, que té lloc al reticle endoplasmàtic i a l'aparell de Golgi.



L'anabolisme heteròtrof dels glúcids:

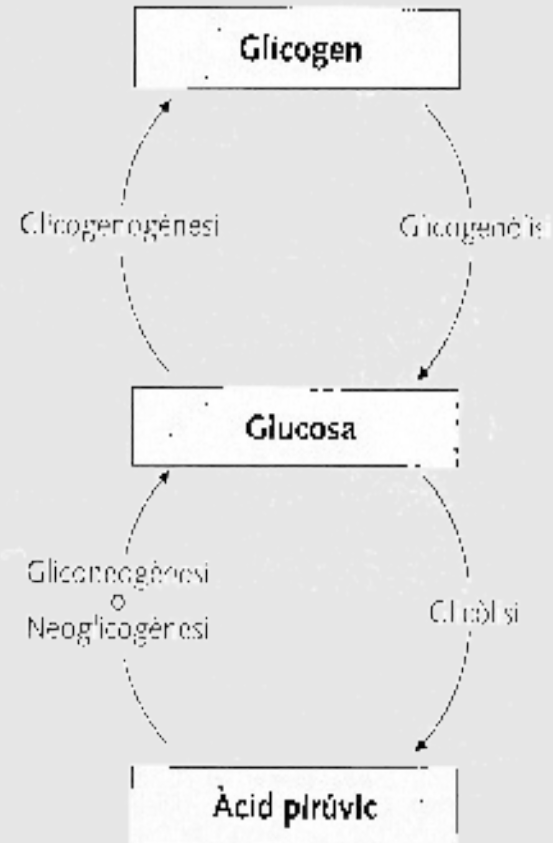
Es distingeixen dues fases:

- **1a fase: síntesi de glucosa**

- la glucosa es pot obtenir, tant en les cèl·lules animals com en les vegetals, a partir de l'àcid pirúvic resultant del catabolisme de compostos no glucídics per mitjà d'un procés anomenat **gliconeogènesi**.
- En les cèl·lules vegetals, la glucosa es pot obtenir a més, a partir d'un procés que s'origina en el **cicle de Calvin** a partir del G3P i que coincideix amb el tram final de la gliconeogènesi.
- En els animals, la glucosa es pot obtenir també de la **digestió** dels aliments.

- **2a fase: síntesi de polímers de glucosa**

- Síntesi de midó en els vegetals: **amilogènesi**.
- Síntesi de glicogen en els animals: **glicogenogènesi o glicogènesi**.



La gliconeogènesi: molècules precursors

La gliconeogènesi és el procés d'obtenció de glucosa a partir de substàncies orgàniques no glucídiques.

Les molècules que poden ser precursors de la *glucosa* són:

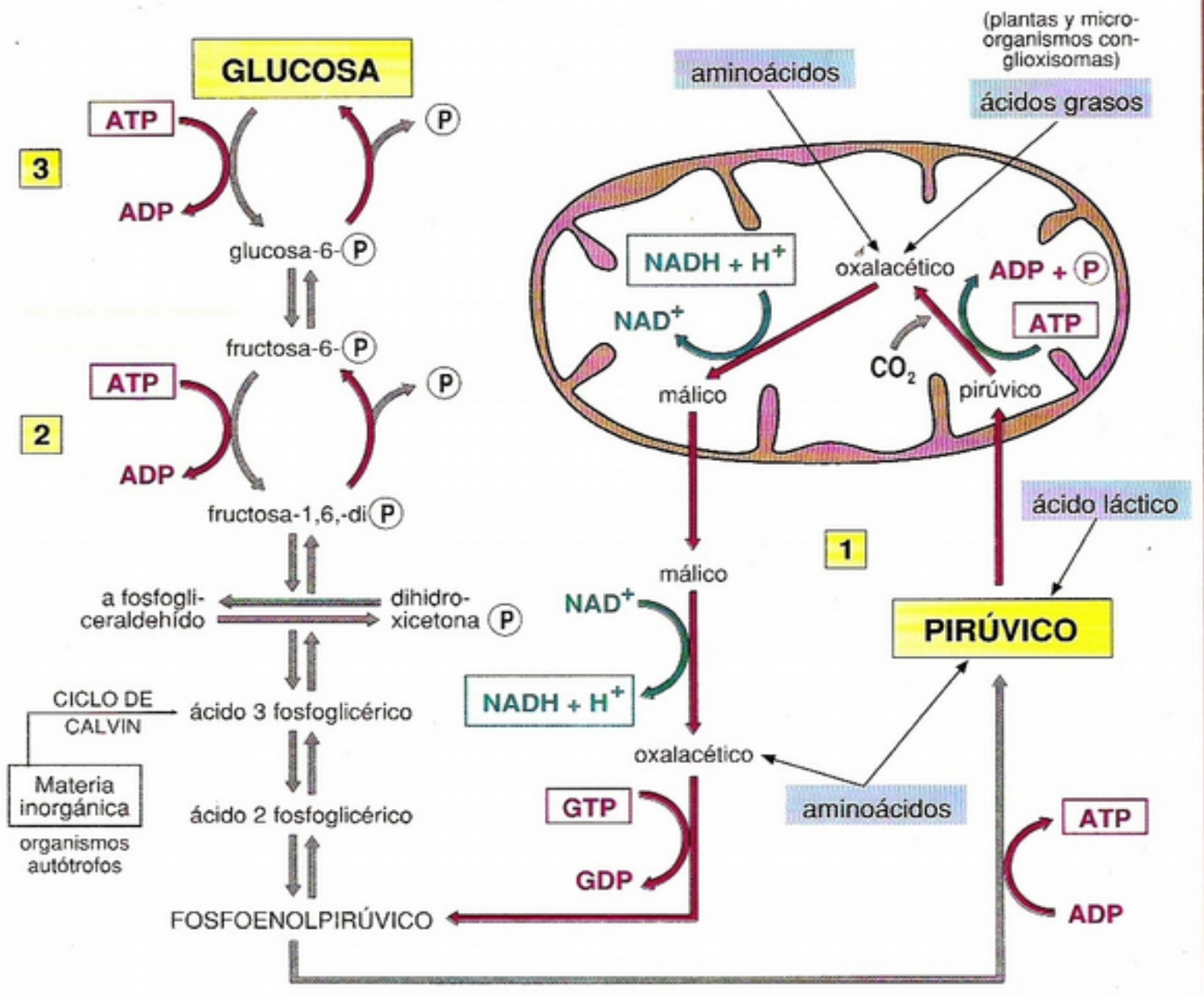
- En les cèl·lules animals:

Àcid pirúvic, aminoàcids, glicerol, lactat, i qualsevol intermediari del cicle de Krebs.

- En les cèl·lules de les plantes i de les algues i en els bacteris:

A més dels anteriors poden ser-ho també els **àcids grassos**. Aquestes cèl·lules tenen els enzims necessaris per transformar l'AcetilCoA (producte final del catabolisme dels àcids grassos) en àcid oxalacètic (intermediari del cicle de krebs). Aquests enzims es troben en les cèl·lules vegetals en uns orgànuls especials anomenats **glioxisomes**.

¿Els animals poden sintetitzar glúcids a partir dels àcids grassos?



GLUCOSA

3

ATP

ADP

P

glucosa-6-P

2

ATP

ADP

P

fructosa-6-P

fructosa-1,6,-di P

a fosfogliceraldehido

dihidroxicetona P

ácido 3 fosfoglicérico

ácido 2 fosfoglicérico

FOSFOENOLPIRÚVICO

1

PIRÚVICO

ácido láctico

aminoácidos

ácidos grasos (plantas y microorganismos con glioxisomas)

NADH + H⁺

NAD⁺

ADP + P

ATP

CO₂

málico

pirúvico

NADH + H⁺

GTP

GDP

ATP

ADP

CICLO DE CALVIN

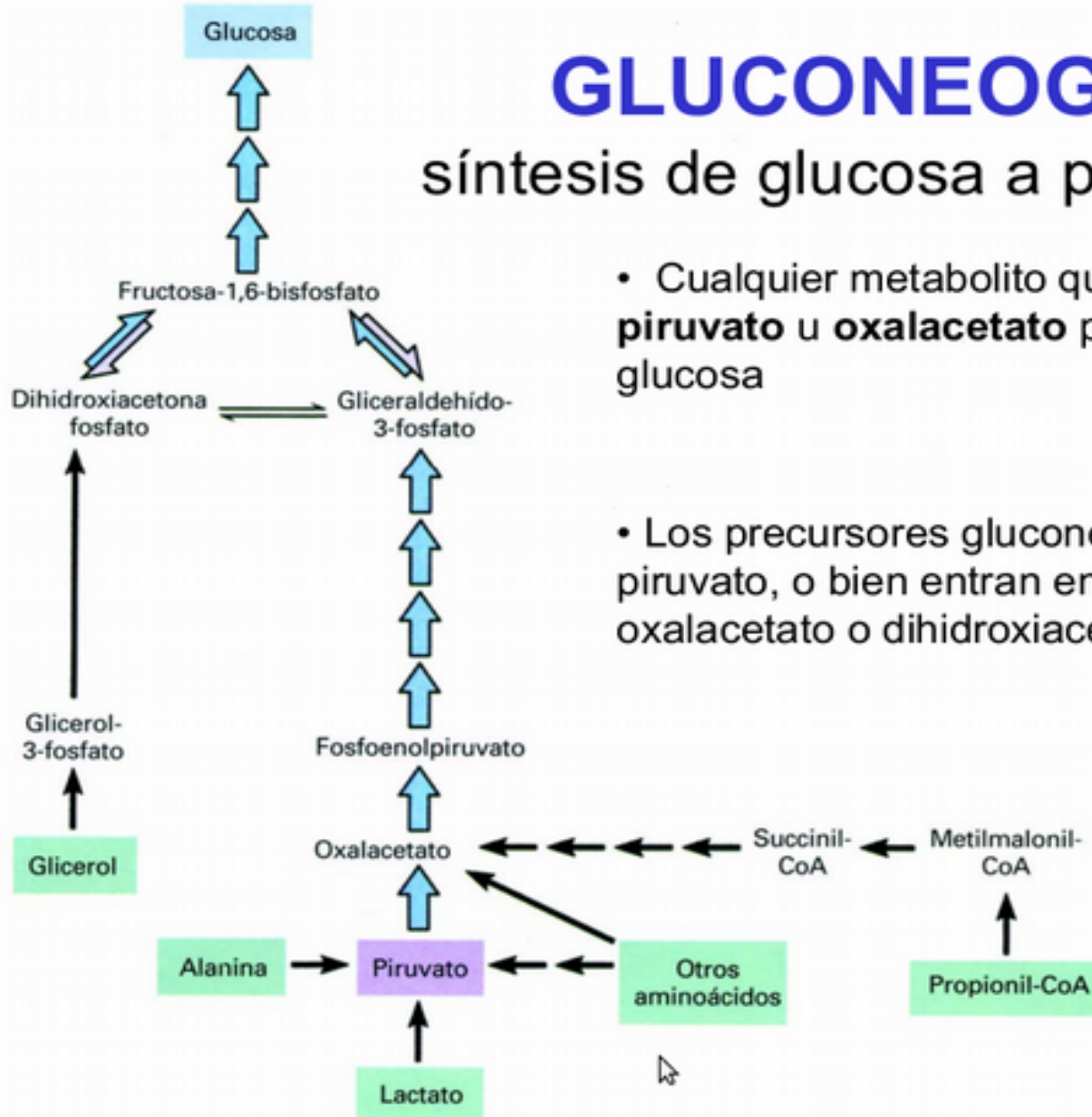
Materia inorgánica
organismos autótrofos

La gliconeogènesi: Importància biològica

- En els animals, determinades cèl·lules, com les del **cervell** o els **eritròcits**, **depenen de la glucosa** com a única font d'energia. En els **músculs**, la glucosa n'és la font principal.
- Les reserves directes de glucosa (dieta o reserves de glicogen del fetge) només són suficients per cobrir les necessitats d'un dia. Períodes més llargs, requereixen de sistemes alternatius d'obtenció de glucosa.
- **La gliconeogènesi** permet l'obtenció de glucosa a partir de precursors que no són hidrats de carboni. Per això **té molta importància després d'unes hores de dejuni o d'un esforç muscular intens**.
- **La gliconeogènesi** en animals **te lloc** majoritàriament **al fetge (90%) i al ronyó (10%)**.
- La gliconeogènesi en fetge i ronyó ajuda a mantenir els nivells de glucosa en sang per a que el cervell i els músculs puguin extreure la glucosa suficient per satisfer les seves necessitats energètiques.

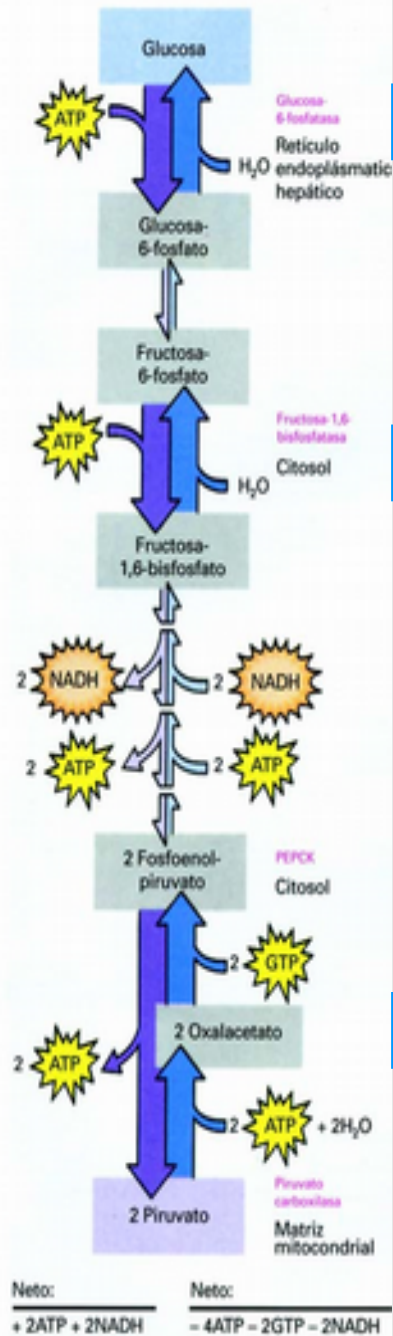
GLUCONEOGENESIS:

síntesis de glucosa a partir de piruvato.



- Cualquier metabolito que pueda ser convertido a **piruvato** u **oxalacetato** puede ser un precursor de glucosa

- Los precursores gluconeogénicos se convierten a piruvato, o bien entran en la ruta por conversión a oxalacetato o dihidroxiacetona fosfato



3

2

1

GLICOLISIS: Glucosa \longrightarrow Piruvato

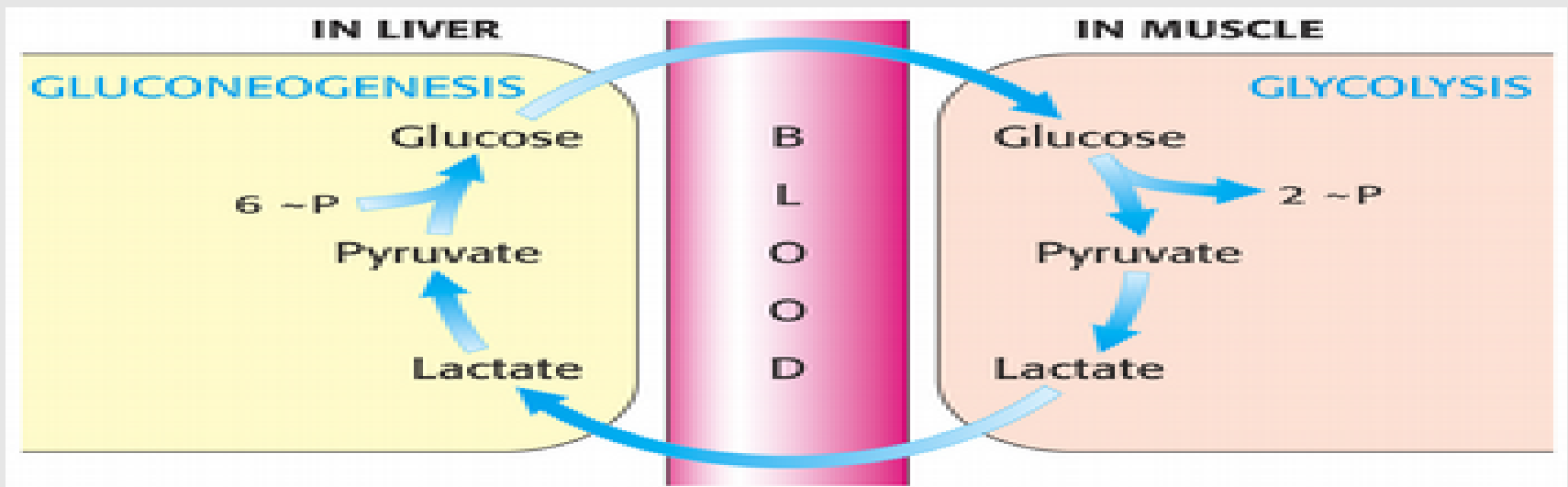
GLUCONEOGENESIS: Piruvato \longrightarrow Glucosa

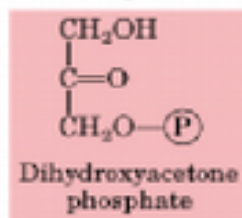
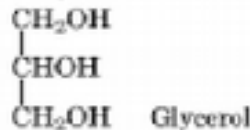
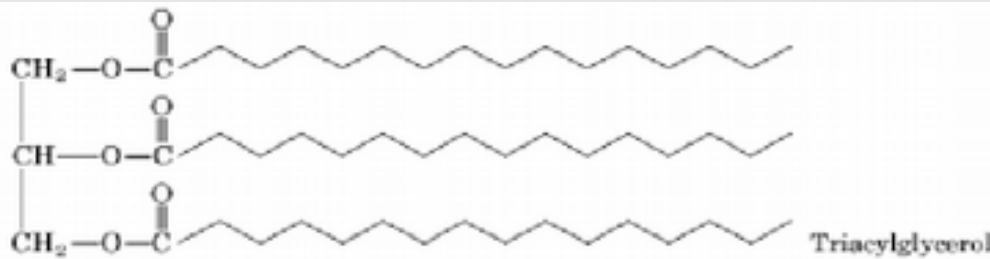
La *gluconeogènesi transcorre* de manera inversa a com ho fa la glicòlisi, tot i que no és simplement el procés invers.

Gliconeogènesi i glicòlisi difereixen exactament en 3 etapes irreversibles (1, 2 i 3 de la figura) que, a més d'estar catalitzades per enzims diferents, difereixen pel lloc de la cèl·lula on es desenvolupen. Totes les reaccions de la glicòlisi es duen a terme en el citosol, mentre que en la gluconeogènesi, la primera de les reaccions té lloc en la matriu mitocondrial i la última en el reticle endoplasmàtic.

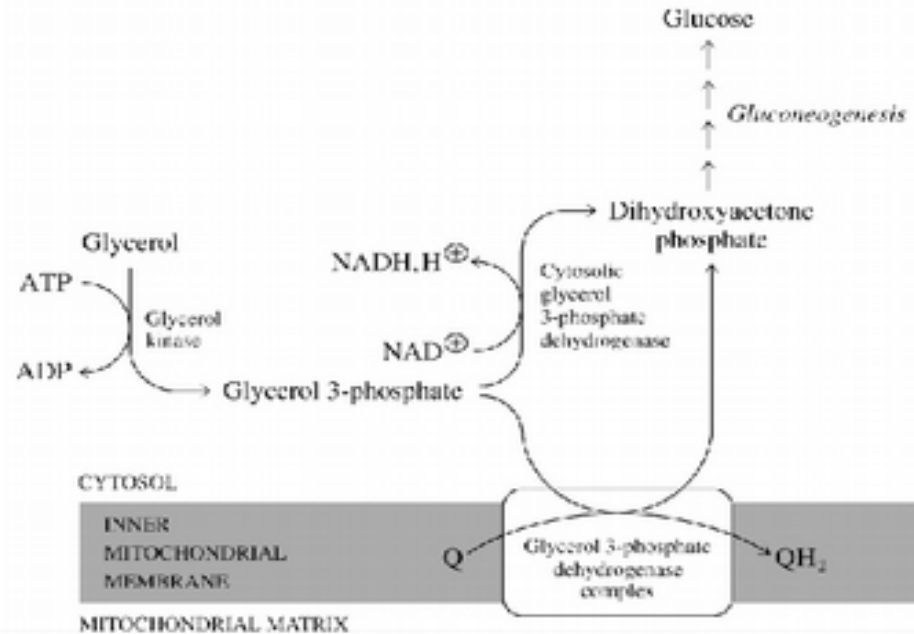
Lactat com a precursor de la gliconeogènesi

- L'àcid làctic s'origina per fermentació làctica en els músculs dels animals quan aquests no disposen de prou oxigen quan fan un sobreesforç físic.
- Després passa a la sang, que el transporta fins al fetge o a les cèl·lules de l'escorça renal, on tindrà lloc la gliconeogènesi.
- La nova glucosa formada passarà d'aquests òrgans a la sang i arribarà als músculs si aquests tornen a necessitar glucosa.
- Així es tanca l'anomenat **cicle de Cori**.





Glicerol como precursor gluconeogénico



Aminoácidos precursores de glucosa

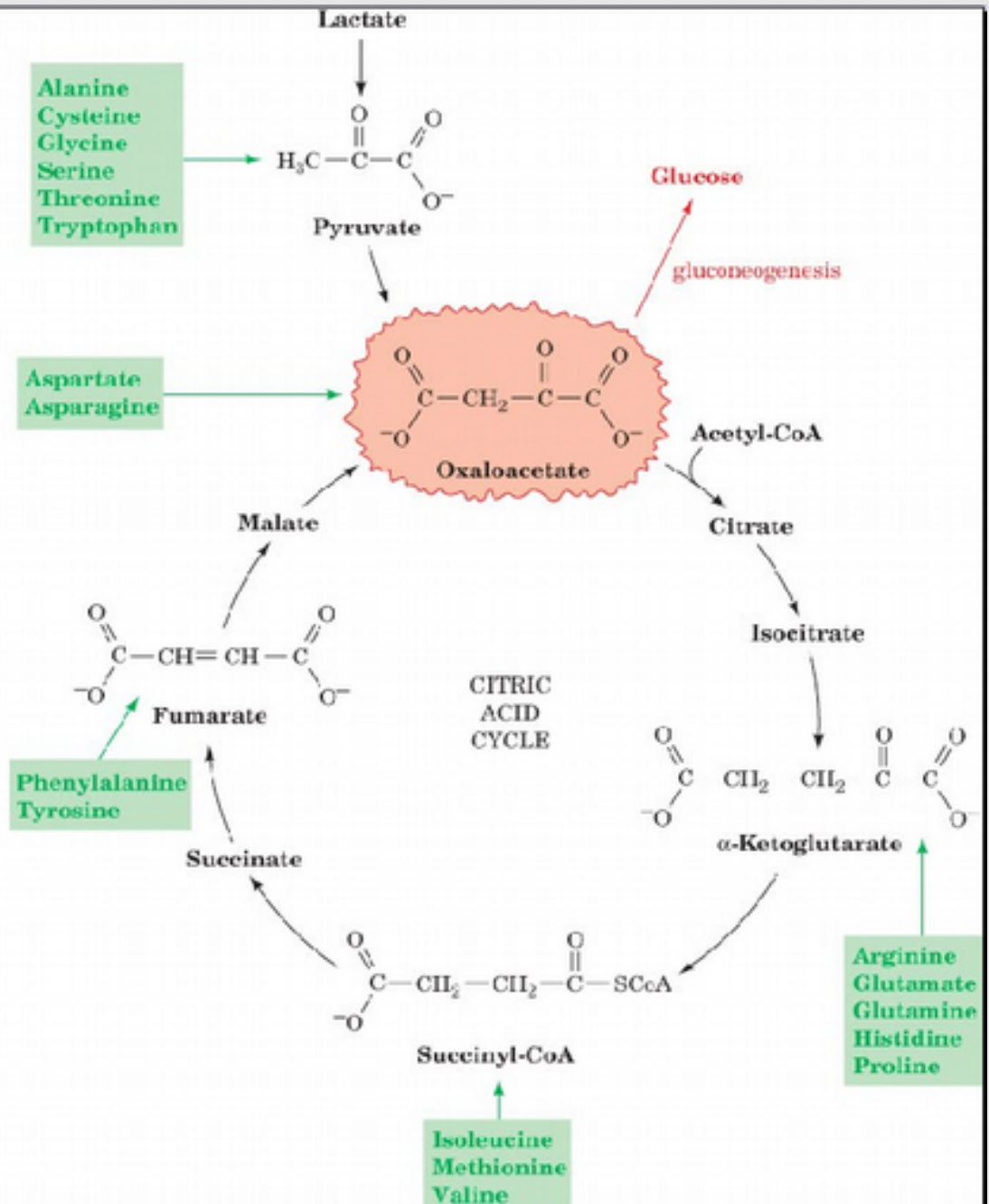
table 20-3

Glucogenic Amino Acids, Grouped by Site of Entry

Pyruvate	Succinyl-CoA
Alanine	Isoleucine [†]
Cysteine	Methionine
Glycine	Threonine
Serine	Valine
Tryptophan [†]	
α-Ketoglutarate	Fumarate
Arginine	Phenylalanine [†]
Glutamate	Tyrosine [†]
Glutamine	
Histidine	Oxaloacetate
Proline	Asparagine
	Aspartate

*These amino acids are precursors of blood glucose or liver glycogen because they can be converted to pyruvate or citric acid cycle intermediates. Only leucine and lysine are unable to furnish carbon for net glucose synthesis.

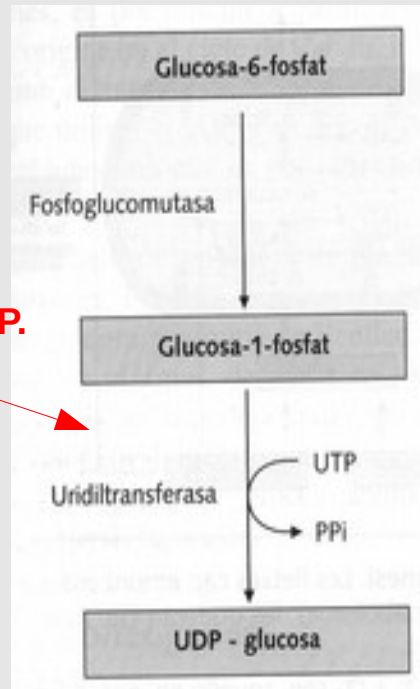
[†]These amino acids are also ketogenic (see Fig. 18-19).



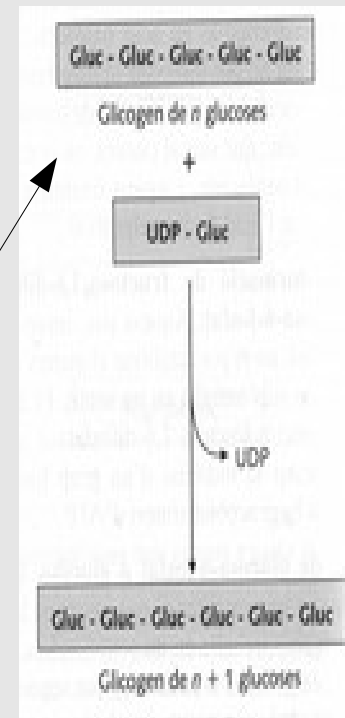
La glicogenogènesi

La glicogenogènesi és la síntesi de glicogen a partir de la glucosa-6-fosfat

- El glicogen és el principal polímer de glucosa en els animals, s'emmagatzema principalment al fetge i en menor quantitat al múscul i al cervell.
- La glucosa 6 P precursora del glicogen pot procedir de la gliconeogènesi o de glucosa lliure que es fosforila quan entra a la cèl·lula.



Reacció activada per l'UTP.



Fetge: doble funció

1. La glucosa que procedeix de la digestió o de la gliconeogènesi s'acumula al fetge en forma de glicogen.
2. Quan el nivell de glucosa en sang disminueix per sota d'1g/l, el glicogen hepàtic s'hidrolitza i allibera glucosa a la sang (**glicogenolisi**)

Aquesta doble funció del fetge, es controlada per tres hormones: **adrenalina** (secretada per la glàndula suprarenal) i **glucagó** (secretat pel pàncrees) que augmenten la sortida de glucosa a la sang, i la **insulina** (secretada pel pàncrees) que incrementa l'entrada de glucosa a les cèl·lules.

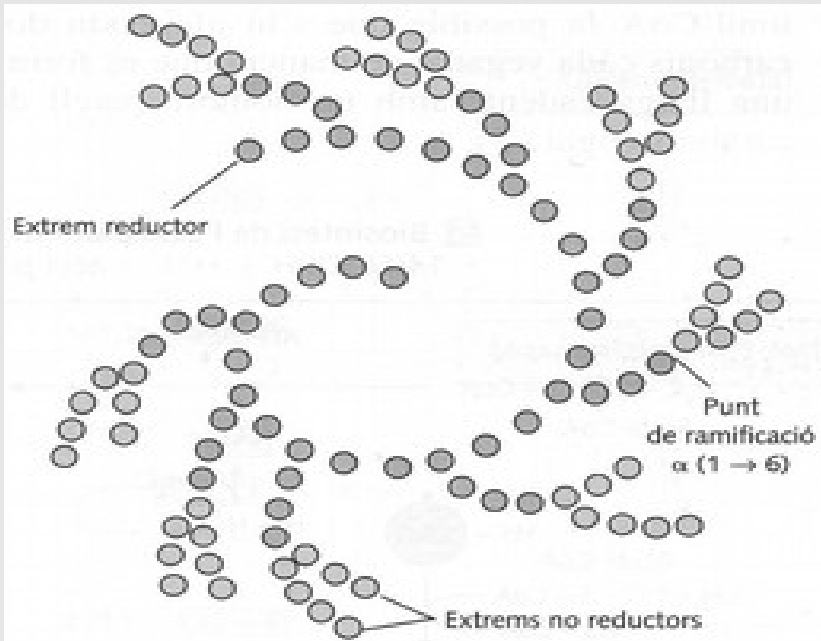
Músculs:

El glicogen muscular, en canvi, és una reserva particular de glucosa per a les cèl·lules musculars. El treball muscular en anaerobiosi, dona lloc a àcid làctic, que quan cristal·litza, origina el cruiximent. Aquest àcid, tal com hem vist anteriorment, a través de la sang arriba al fetge, on entra com a precursor de la gliconeogènesi, donant glucosa, amb la qual cosa finalitzen les molesties musculars.

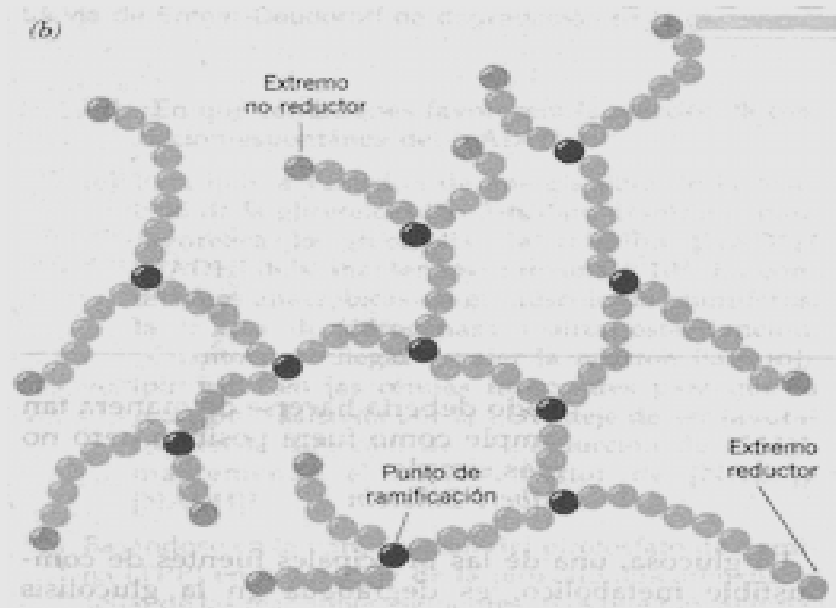
L'amilogènesi

L'amilogènesi és la síntesi de midó a partir de la glucosa-6-fosfat.

- **El midó** és el polímer de glucosa de reserva en les plantes. La seva síntesi és dóna a l'**estroma dels cloroplasts** de les cèl·lules vegetals. És un procés molt semblant a la glicogenogènesi però amb la diferencia que la **molècula activadora és l'ATP**.



glicogen



amilopectina (midó)