

# Bioelements i biomolècules

- 1.- Introducció a la biologia
  - 1.1.- Concepte de vida
  - 1.2.- Nivells d'organització de la matèria viva
- 2.- Bioelements.
  - 2.1.- Classificació
  - 2.2.- Característiques dels bioelements primaris
- 3.- Biomolècules
  - Apèndix**
    - \* Enllaços químics.
      - \* Enllaç covalent
      - \* Enllaç no covalent
        - \*\* Ponts d'hidrogen.
        - \*\* Enllaç iònic.
        - \*\* Forces de Van der Waals
        - \*\* Interaccions hidrofòbiques
    - \* Grups funcionals dels compostos orgànics

## 1-Introducció a la biologia

La **biologia**, si atenem a l'etimologia de la paraula, és la ciència que estudia la vida. La definició de vida, però, és molt més complexa.

Els éssers vius aquestan constituïts pels mateixos elements químics que la resta d'estructures del planeta. Tot i això, una bona part de les seues molècules constituents presenten una complexitat molt superior a la que és usual trobar en el món inorgànic. Un altre aspecte remarcable és la inexistència de cap força vital que transforment la matèria, diguem-ne "normal" en matèria viva, tal com s'afirmava en èpoques pretèrites. La concepció biològica de la vida és una concepció materialista on la pròpia matèria és l'única responsable de l'aparició de les característiques vitals.

Podem definir la **vida** com el conjunt de manifestacions que presenten els anomenats éssers vius, estructures moleculars molt definides (en forma de cèl·lules) i que estan caracteritzades per:

- Un intercanvi de matèria i energia amb el medi ambient (**metabolisme**)
- **Creixement**: augment de la seva grandària de forma molt diferent al dels minerals. Hi ha un desenvolupament que compleix un esquema previst.
- **Relació amb el medi ambient** que els envolta: detecten les variacions que hi ha al medi ambient i donen una resposta escaient.
- La capacitat de crear còpies de si mateixes (**reproducció**)
- La capacitat de canvi (**mutacions**) i **d'evolució**.

*" Així doncs, la vida és una propietat dels àtoms i molècules quan s'ordenen de forma escaient, de la mateixa forma que l'extremada duresa i gran brillantor del diamant és deguda a altre tipus d'ordenació dels àtoms. Als dos casos, es tracta d'un mateix tipus d'àtoms: carboni "*

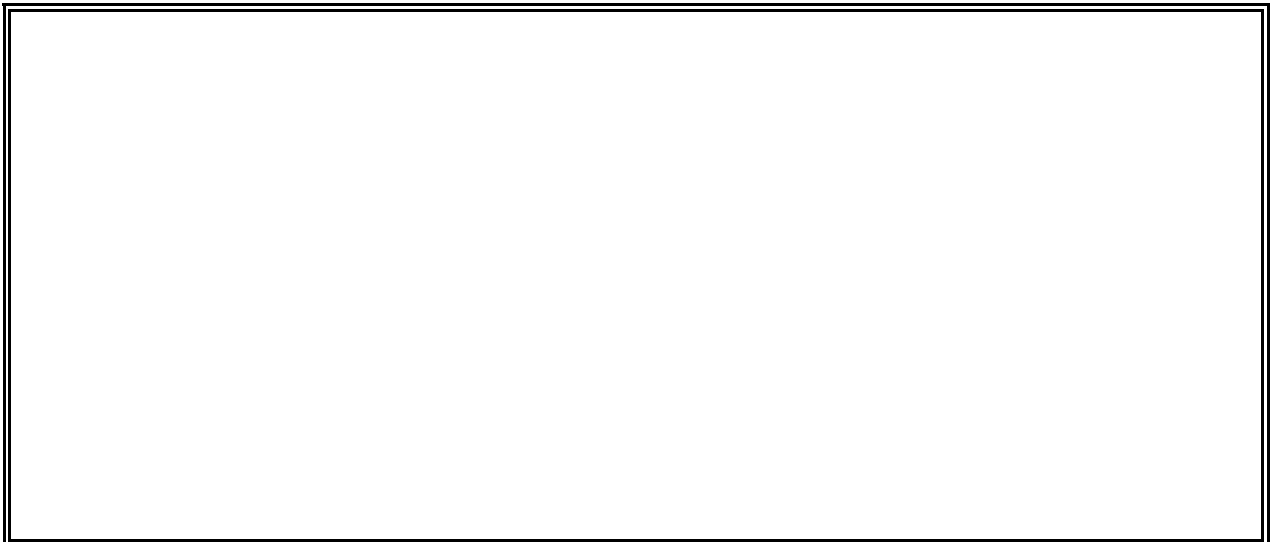
La vida va originar-se mitjançant un procés evolutiu a partir de la matèria inorgànica fa ara uns 3.500 milions d'anys.

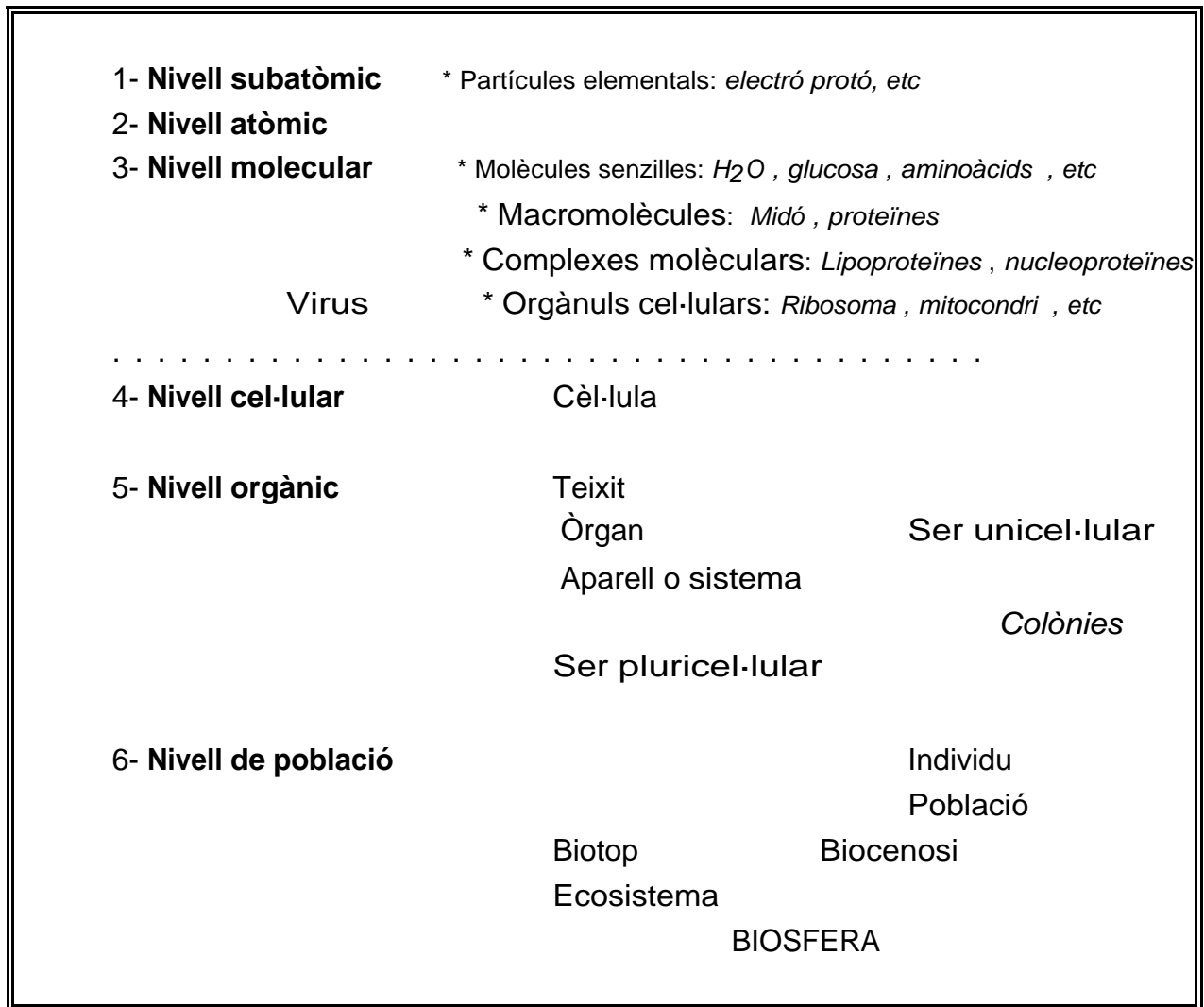
## **1.2. Nivells d'organització de la matèria viva**

Atesa la gran complexitat del procés vital, l'estudi de la biologia es pot estructurar mitjançant uns **nivells d'organització** de la matèria viva, és a dir, a través dels diferents graus de complexitat amb què aquesta es presenta.

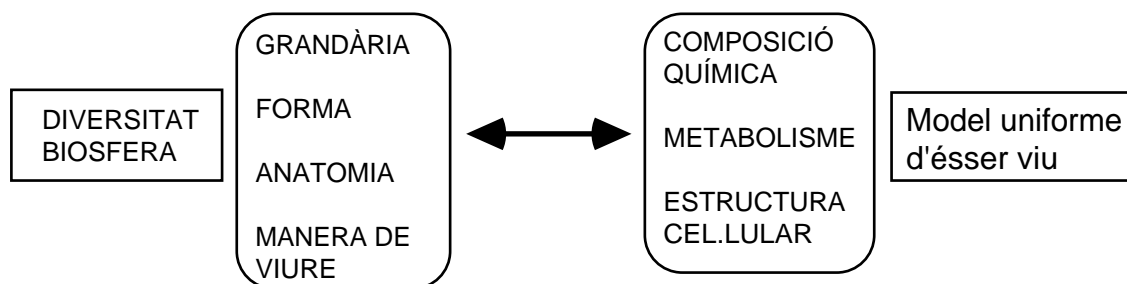
El concepte de nivells d'organització implica que dins el Cosmos, tant en el món inert com en el món vivent, existeixen diversos nivell d'organització de la matèria; cada nivell inclou com a components tots els nivells inferiors (per exemple, un organisme pluricel·lular està constituït per cèl·lules formades per l'associació de molècules orgàniques que, al seu torn, es construeixen per la interacció d'àtoms, etc). S'ha de fer notar que un nivell concret és quelcom més que el sumatori dels elements dels nivells inferiors (ex: la cèl·lula posseeix unes propietats que no tenen un conjunt d'òrgànuls cel·lulars)

**Podem definir la cèl·lula és la unitat morfològica , fisiològica i genètica de la vida.** Les funcions vitals comencen a manifestar-se a partir del nivell cel·lular





Hem de destacar primerament la gran uniformitat de la composició dels éssers vius en contraposició a la gran diversitat de la biosfera.



## **2- Bioelement. (Element biogènic).**

Tots els éssers vius aquestan constituïts, quantitativament i qualitativa, pels mateixos elements químics. Cap d'ells és propi de la matèria viva, ja que són els mateixos elements que intervenen en la composició de la matèria inerta o mineral. De tots els elements presents a l'escorça terrestre, tan sols uns 25 formen part dels éssers vius, fet que confirma la idea de que la vida es va desenvolupar a partir d'uns determinats elements químics que presenten unes propietats físico-químiques acordades amb els processos químics que realitzen els éssers vius.

Anomenen **elements biogènics o bioelements** aquells elements químics que formen part dels éssers vius. Si atenem a la seua *abundancia* (que no importància) els podem agrupar en:

\* **Bioelements primaris o principals: C, H, O, N**

Són els elements majoritaris de la matèria viva, tot constituïnt més del 95% de la massa total. Són indispensables per a la formació de les principals biomolècules (funció plàstica)

Les propietats físico-químiques que els fan idonis per als processos vitals són:

1. Formen entre ells **enllaços covalents**, compartint electrons. Com que són elements lleugers, de poca massa atòmica, els enllaços covalents resultants són molt estables

2. El carboni, nitrògen i oxígen, poden compartir més d'un par d'electrons, i formar enllaços dobles i triples, la qual cosa els proporciona una gran versatilitat pel que fa a formar enllaços químics amb altres elements.

3. Les molècules derivades presenten normalment una polaritat, la qual cosa facilita la seua dissolució en aigua, que constitueix el medi on es desenvolupa la vida

4. La química orgànica s'anomena també la **química del carboni** perquè és aquest element el que hi desenvolupa un paper principal. A causa de la configuració tetraèdrica dels enllaços del carboni, els diferents tipus de molècules orgàniques tenen **estructures tridimensionals** diferents. Aquesta conformació espacial és responsable de l'**activitat biològica**. Recordeu conceptes com reaccions enzim-substracte o antigen-anticòs.

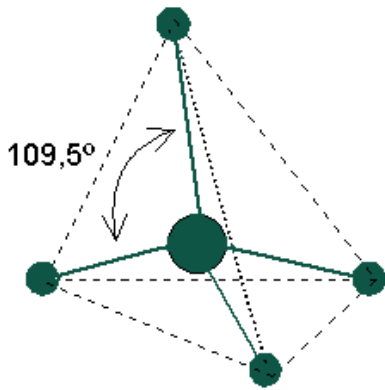


Fig Molècula de metà (CH<sub>4</sub>) on s'observa la disposició tetraèdrica dels enllaços dels àtoms de carboni (al centre) La resta de boles representen H

5. Com a conseqüència de la seua localització a la taula periòdica l'àtom de C posseix una electronegativitat intermèdia, cosa que el permet unir-se amb elements de major electronegativitat com el S , O , N o amb altres més electropositius com el H.

6. Els enllaços entre els àtoms de carboni poden ser **simples (C - C)**, **dobles (C = C)** o **triples (C C)** cosa que permet la formació de cadenes més o menys llargues, les quals, posteriorment, es poden ramificar i adoptar disposicions tridimensionals o bé tancar-se tot formant anells.



Fig. esquema de dos àtoms de C units per una enllaç simple (esquerra) i doble (dreta)

Les combinacions del carboni amb altres elements, com l'oxigen, l'hidrogen, el nitrogen, etc., permeten l'aparició d'una gran varietat de **grups funcionals** que donen lloc a les diferents famílies de substàncies orgàniques. Aquests grups presenten característiques físiques i químiques diferents i atorguen a las molècules orgàniques on apareixen, propietats específiques, la qual cosa augmenta les possibilitats de creació de noves molècules orgàniques por reacció entre els diferents grups.

- Així doncs, a partir del C i un reduït nombre d'elements es poden formar una gran quantitat de molècules distintes amb gran capacitat d'adaptació evolutiva.

\* **Bioelements secundaris**. Són la resta dels elements presents als éssers vius. Es troben en una proporció menor del 4,5%. Desenvolupen funcions diverses

En tenim que apareixen en tots els organismes (**essencials**) : S, P, **Ca, Na , K , Cl , Mg , Fe , Si , Cu , B , I , F** , etc. D'altres són **variables** ja que poden faltar en alguns organismes ( Br , Zn , Ti , Pb , Al )

**Sofre** es troba formant part de dos aminoàcids (**cisteína i metionina**), presents en totes les proteïnes, així com en altres substàncies com és el cas Coenzim A

**Fósfor** Forma part dels nucleòtids, monòmers dels **àcids nucleics**, d'alguns coenzims (NADH) i altres molècules com els **fosfolípids** de les **membranes cel·lulars**. També es troba en forma de sal mineral (fosfats)

**Magnesi** Forma part de la molècula de clorofil·la, i en forma iònica actua com a catalitzador, juntament amb els **enzims**, en les reaccions químiques de l'organisme.

**Calci** Forma part d'estructures esquelètiques. En forma iònica intervé en la *contracció muscular* i la *coagulació sanguínia*

**Sodi** Catió abundant en el medi extracel·lular; necessari per a la conducció nerviosa

**Potassi** Catió més abundant en el interior de las cèl·lules; necessari per a la conducció nerviosa

a més d'aquests dos grups de bioelements, cal destacar el concepte d'oligoelement

**Oligoelement** és aquell bioelement que es troba als éssers vius en una proporció menor al 0'1 %. Malgrat la seva escassetat, són indispensables per a la vida , ja que molts d'ells presenten una funció catalítica (activació de les reaccions químiques).

Al	Actua sobre els SNC, augmenta l'activitat cerebral . Afavoreix l'ossificació dels cartílags durant l'època fetal i infantil.
Cm	Intervé , juntament amb la insulina en el manteniment de la tolerància a la glucosa. La seua mancança pot influir en la diabetis infantil
Co	Component de la vitamina B <sub>12</sub> , necessària per a la formació de l'hemoglobina. La seua mancança origina anèmia
F	Forma part de l'esmalt dentari i dels ossos. La seua carència està relacionada amb l'aparició de la càries
Fe	Forma part del grup hemo de l'hemoglobina, encarregada del transport de l'oxigen. Forma part dels citocroms, molècules responsables de la cadena respiratòria productora d'energia en forma d'ATP.

I	És necessari per a la formació de l'hormona tiroxina reguladora del metabolisme energètic. La seua manca provoca l'aparició del goll, cretinisme, etc
Li	Estabilitzador de l'estat d'ànim, ja que actua sobre els neurotransmissors i la permeabilitat cel·lular
Mb	Forma part dels enzims vegetals relacionats amb el procés de reducció dels nitrats
Mg	Forma part de la molècula de clorofil·la. Cofactor d'enzims respiratoris (respiratoris , duplicació ADN i biosíntesi proteïnes)
Si	Proporciona resistència i elasticitat al teixit conjuntiu, cabells, ungles. Molt més abundant a les tiges dels cereals i equisets i als frústuls de les diatomees

### 3- BIOMOLÈCULES

Els àtoms que formen la matèria viva no es troben com a elements lliures sinó que s'uneixen mitjançant enllaços químics i formen **biomolècules** o **principis immediats**. Aquest darrer nom és degut a què es poden separar fàcilment amb mètodes purament físics (dissolució, decantació, filtració, centrifugació, cromatografia ,evaporació, destil·lació etc.)

En principi, el nombre de molècules orgàniques formades per la unió del carboni i els altres bioelements primaris és astronòmic. Malgrat l'elevat nombre dels compostos hidrocarbonatats present a la cèl·lula, aquest representa únicament una petita part del número teòricament possible; Ha hagut una evolució bioquímica que seleccionà les molècules més apropiades. Podem classificar els principis immediats en :

**Principis immediats inorgànics:**

Presentes tant a la matèria viva i a la inerte

- \* O<sub>2</sub> , CO<sub>2</sub>
- \* H<sub>2</sub>O
- \* Sals minerals

**Principis immediats orgànics:**

Exclusius de la matèria viva

- \* Glúcids o carbohidrats
- \* Lípids o greixos
- \* Proteïnes
- \* Àcids nucleics

També s'hi inclouen els **biocatalitzadors**: les **vitamines**, **enzims** i **hormones** no formen una categoria diferent de principis immediats sinó que es destaquen per

la seua importància funcional, ja que són imprescindibles per a la activitat biològica (pertanyen fonamentalment a les proteïnes, lípids i nucleòtids)

## Apendix

### Enllaços químics

**Covalents:** forts i aqestables. Uneixen els àtoms que formen part de les biomolècules.

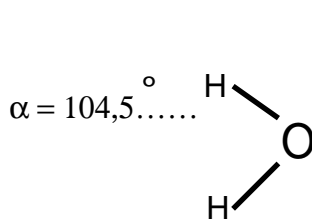
**No covalents :** Es tracta d'enllaços febles. La seua funció és la d'estabilitzar les estructures moleculars i intervenir en les reaccions específiques que tenen lloc entre les molècules. En tenim:

- \* Ponts d'hidrogen
- \* Enllaços iònics (veure la nota posterior)
- \* Forces de Van der Waals
- \* Interaccions hidrofòbiques

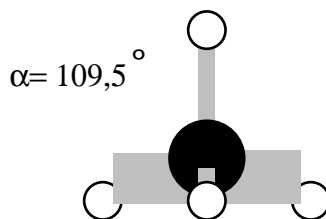
### Enllaç covalent

En aquest tipus d'enllaç , els nuclis de tots dos àtoms resten estretament junts, ja que els seus electrons més externs circulen en orbitals compartits per ambdós àtoms. Això permet els dos àtoms de completar la seua última capa d'electrons.

Quan dos o més àtoms formen enllaços covalents amb un altre àtom central, els enllaços establerts s'orienten els uns respecte als altres , segons angles precisos.



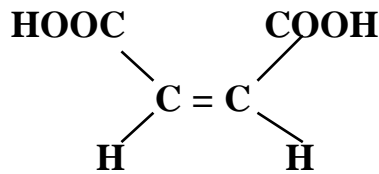
AIGUA



METÀ (CH<sub>4</sub>)

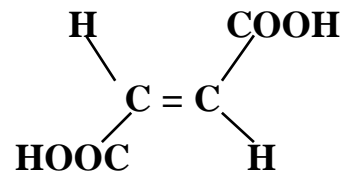
Els enllaços dobles són rígids , és a dir , els àtoms no poden girar lliurement al voltant de l'eix de l'enllaç. Com a conseqüència apareixen les formes **estereoisòmeres**.





Forma CIS

Àcid fumàric



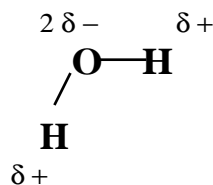
Forma TRANS

**Electronegativitat** : És la capacitat d'un àtom d'atraure electrons cap a ell.

F (4,0) --- O (3,5) -- Cl (3) -- N (3) -- C (2,5) -- H (2,1) -- Na (0,9)

(+) major \_\_\_\_\_electronegativitat\_\_\_\_\_menor (-)

Tipus d'enllaç covalent	No polar	Entre àtoms que tenen una electronegativitat idèntica o semblant. Els electrons es reparteixen uniformement
	Dipolar	Es dona entre àtoms amb diferent electronegativitat: un dels dos àtoms atrau més fortament els electrons. El resultat és la creació d'un dipol, una estructura que té un excés de càrrega negativa ( $\delta^-$ ) en un extrem i un excés de càrrega positiva ( $\delta^+$ ) a l'altre extrem



Els enllaços covalents tenen una energia d'enllaç de 50 a 200 Kcal / mol. Són forts i estables

Enllaç	Energia (Kcal/mol)
O - H	110
C - H	99
C - C	83
C - N	70
C = O	170
C = C	146

### \* Enllaç no covalent

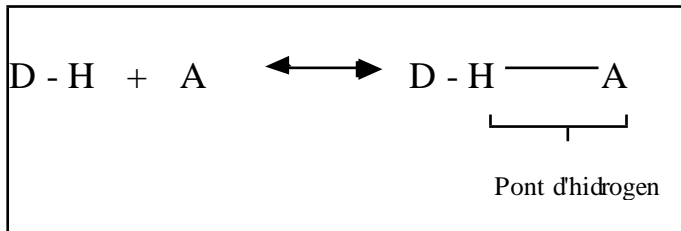
Es tracta d'enllaços febles (1 - 5 Kcal / mol) però tenen una gran importància en biologia , ja que són els responsables d'estabilitzar l'estructura tridimensional de les grans molècules biològiques ( ex: proteïnes)

A temperatura ambient (25°C) , l'energia cinètica mitjana de les molècules és de 0,6 Kcal / mol , per la qual cosa , algunes molècules tenen prou energia per trencar aquest tipus d'enllaços. Així doncs, a temperatura fisiològica (37°C) els enllaços

febles tenen una existència transitòria, tot i que l'elevadíssim nombre d'aquests enllaços que s'estableixen alhora, pot assegurar estructures molt estables.

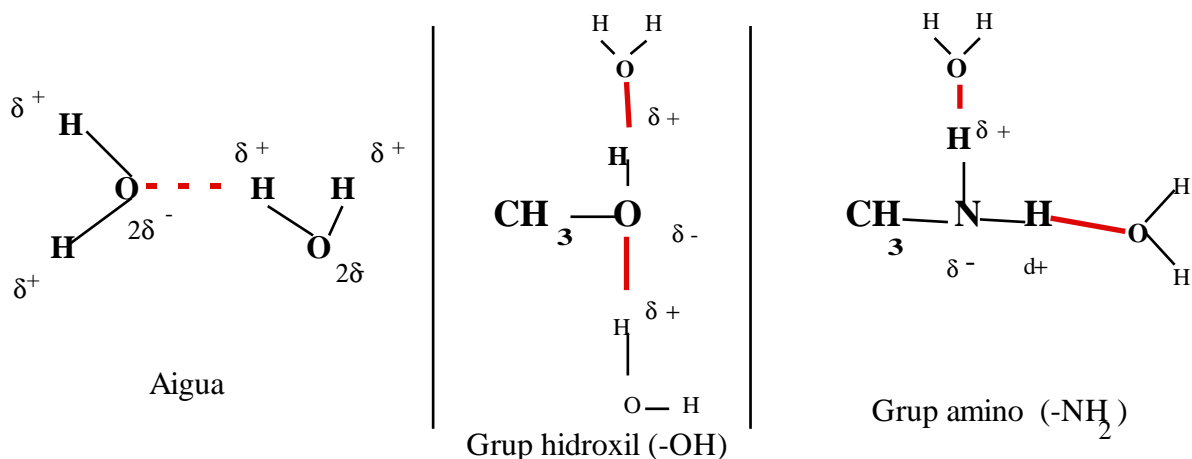
### A) Ponts d'hidrogen

Normalment, un àtom de H tan sols pot formar al mateix temps un enllaç covalent amb un altre àtom; tanmateix, pot formar un enllaç adicional: un pont (enllaç) d'hidrogen és una associació feble entre un àtom electronegatiu (àtom acceptador) i un àtom d' H unit covalentment a un altre àtom (àtom donador). L'àtom d'H es troba més a prop del donador que no de l'acceptador.



Energia d'enllaç = 5 Kcal / mol

Aquest tipus d'enllaç és el responsable de la conformació tridimensional de proteïnes i àcids nucleics, així com de les propietats de l'aigua. Als sistemes biològics, els grups hidroxil (-OH) i amino (-NH<sub>2</sub>) són els que més sovint es troben implicats en la formació de ponts d'hidrogen. Aquests grups fan que moltes molècules siguin solubles en aigua.



### B) Enllaç iònic (forces electrostàtiques)

Apareix entre molècules orgàniques que presenten grups amb diferent càrrega iònica a la seua superfície. Les càrregues de diferent signe s'atrauen, mentre que hi ha repulsió entre càrregues del mateix signe. L'energia d'enllaç és d'uns 5 Kcal / mol.

Nota: Als sistemes biològics, aquests grups carregats iònicament es troben envoltats de molècules d'aigua, cosa que afebleix la seua força d'atracció. En aquestat sòlid, l'enllaç iònic és considerat com a fort (E = 80 Kcal / mol)

### C) Forces de Van der Waals

Es tracta d'un enllaç feble ( $E = 1 \text{ Kcal / mol}$ ) a penes superior a la pròpia energia cinètica de la molècula. Aquesta força es genera en apropar-se dos molècules, a causa de fluctuacions momentànies de la distribució dels electrons (dipols efímers). Existeix una distància òptima d'enllaç per a cada tipus d'àtom. Si hi té lloc un major apropament, apareixen forces de repulsió.

Aquest tipus d'enllaç és molt inestable; el gran nombre d'interaccions existents, però, té com a resultat una forta atracció, sobre tot si les dues superfícies encaixen tridimensionalment, com és el cas de les unions enzim - substrat o antígen - anticòs.

### D) Interaccions hidrofòbiques

Les molècules no polars (hidrofobes) no poden hidratar-se ja que no presenten enllaços dipolars ni grups carregats electricament i, per tant, no poden establir unions amb les molècules d'aigua. Són, doncs, insolubles.

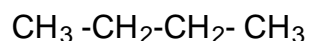
Els enllaços apolars més comuns són C - C i C - H ; aquest tipus d'enllaç feble és generat per aquestes molècules hidròfobes ( o les seues parts no polars ) en un medi aquós. L'atracció es produeix per defecte; en apropar-se exclouen l'aigua que hi havia entre elles alhora que assoleixen una situació més estable.

## \* Grups funcionals dels compostos orgànics

Malgrat l'il·limitat nombre de compostos orgànics diferents que poden existir, l'estudi de les seues propietats físico-químiques pot dur-se a term , d'una manera sistemàtica, a partir dels anomenats **radicals orgànics** o **grups funcionals** , conjunt d'àtoms que tenen unes propietats químiques especials i reaccionen en conjunt com un bloc. La presència de determinats grups funcionals a les biomolècules decideix, en gran mesura, la seua activitat biològica, essent de menys importància altres factors com la llargària i forma de la molècula.

Les molècules orgàniques deriven principalment d'unes estructures hidrocarbonades, anomenades **hidrocarburs**, cadenes lineals o cíclics , formades per carboni i hidrogen, que poden ser **saturats** (únicament tenen enllaços simples) o **insaturats** (amb presència d'enllaços dobles o triples)

Hidrocarbur saturat : butà (4C)



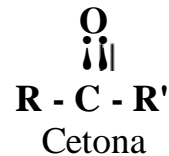
Hidrocarbur insaturat: 2 pentè (5C)



## PRINCIPALS GRUPS FUNCIONALS

\* **Alcohols:** S'obtenen de la substitució d'un hidrogen d'un hidrocarbur per un grup hidroxil  $\text{-OH}$  Exemples: glicerina (polialcohol) (Veure tema 3 )

\* **Aldehids i cetones.** Són compostos orgànics que contenen en les seues molècules el grup carbonil  $\text{C=O}$  Els aldehids provenen de la substitució en un carboni primari d'un parell d'hidrògens per un oxigen unit per un doble enllaç (grup carbonil). Ex: el carboni 1 de la glucosa.(Veure tema 3 ) Les cetones són semblants als aldehids , però l'oxigen és substituït en un carboni secundari). Ex: el carboni 2 de la fructosa. (Veure tema 3 )



\* **Àcids carboxílics**  $\text{R} - \text{COOH}$ . Resulten de la substitució en un carboni primari, de dos hidrògens per un oxigen unit per un doble enllaç i d'un tercer hidrogen per un grup hidroxil ( $\text{-OH}$ ). Aquest grup  $\text{-COOH}$  rep el nom de **carboxil**.Ex: àcids grassos (Veure tema 4 )

\* **Esters** ( $\text{R-CO-O-CH}_2\text{-R}'$ ). es formen per la combinació d'un àcid ( $\text{R-COOH}$ ) i un alcohol ( $\text{R}'\text{-CH}_2\text{OH}$ ). Ex: els triglicèrids.(Veure tema 4 )

\* **Amines.** ( $\text{R-NH}_2$ ). Provenen de la substitució d'un hidrogen d'un hidrocarbur per un radical  $\text{-NH}_2$ . Ex: els aminoàcids de les proteïnes.(Veure tema 5 , pàg )

\* **Amides** ( $\text{R-CO-NH-R}'$ ). Es formen per la combinació entre un àcid ( $\text{R-COOH}$ ) i una amina ( $\text{R}'\text{-NH}_2$ ).Ex; un polipèptid.(Veure tema 5 , pàg )

A més a més ens trobarem amb altre compostos com els **anells aromàtics** , derivats del benzè (colesterol) (Veure tema 4 , pàg ) i els **heterocicles** , formats per anells amb carboni i altres elements amb l'oxigen i nitrogen) i que es presenten a les bases nitrogenades dels àcids nucleics (Veure tema 7 )

## Bibliografia

- # ALBERTS B. (1986) Biologia molecular de la cèlula. Ed. Omega Barcelona (B)
- # DOMENECH X et al (1993) Bioelements i biomolècules. Ed. Barcanova. Barcelona.(B)
- # LEHNINGER Curso breve de Bioquímica. Ed Omega. Barcelona (B)
- # PANADERO J. (1990) Biologia COU. Ed. Bruño. Sant Adrià de Besós.(B)

## QÜESTIONS DE REPÀS

1 \* Busca el significat de la paraula **vida** en diferents diccionaris. Compara els resultats. Fes un breu comentari

2 \* Comenta els següents textos que parlen de la vida.

a) " *Fa quatre mil milions d'anis la Terra era un paradís molecular. Encara no hi havia predadors. Algunes molècules es reproduïen d'una manera ineficaç , competien en la recerca de blocs constructius i deixaven còpies bastes d'elles mateixes. L'evolució ja havia començat definitivament , fins i tot al nivell molecular , gràcies a la reproducció , la mutació i l'eliminació selectiva de les varietats menys eficients. A mesura que anava passant el temps aconseguïen de reproduir-se millor. Van arribar a unir-se entre elles molècules amb funcions especialitzades i a constituir una espècie de col·lectiu molecular: La primera cèl·lula..."*

**Carl Sagan. Cosmos.**

b) " *els éssers vius som màquines de supervivència , autòmats programats a cegues amb la finalitat de perpetuar l'existència dels gens egoistes que tenim a l'interior de les nostres cèl·lules "*

3 \* Quina diferència hi ha, pel que fa a l'estructura, matèria i organització, entre un animal viu i un altre que acaba de morir ?

4\* Explica amb les teues paraules l'esquema dels nivells d'organització de la matèria viva. Si no coneixes el significat d'alguna de les paraules que hi són presents , busca-la en qualsevol diccionari.

5 \* Explica les conseqüències del pas a la pluricel·lularitat.

6 \* Explica la següent frase: "*L'actual jerarquia de la matèria és el resultat directe i silenciós testimoni del seu propi desenvolupament històric*". (Paul Weisz)

7 \*Explica la següent taula, tot tenint en compte allò que has estudiat dels bioelements

<u>Element</u>	<u>Nº Atòmic</u>	<u>Matèria inerta</u>	<u>Cos humà</u>
H	1	0,95 %	9,31 %
C	6	0,18	19,37
N	7	0,03	5,14
O	8	50,02	62,81
F	9	0,10	0,009
Na	11	2,36	0,26
Mg	12	2,28	0,04
Al	13	7,30	0,001
Si	14	25,80	despreciable
P	15	0,11	0,64
S	16	0,11	0,63
Cl	17	0,20	0,18
K	19	2,38	0,22
Ca	20	3,22	1,38
Mn	25	0,08	0,0001
Fe	26	4,18	0,005

8\* Per què el C és un element majoritari en la composició química de la matèria viva , i no ho és el Si , que és 146 vegades més abundant a l'escorça terrestre

9\* Quins criteris evolutius van decidir la selecció dels elements químics que formen la matèria viva?

10 \* Explica els ambceptes de dissolució, decantació, filtració, destil·lació

11\* Inventa una estructura hidrocarbonatada lineal, ramificada, cíclica; amb enllaços simples, dobles, triples. (No cal fer la més senzilla !)

12 \* Dibuixa una fórmula inventada per tu d'un alcohol, aldehyd, cetona, àcid carboxílic, ester i amina (No cal fer la més senzilla !)

13 \* Repassa al llibre de química els conceptes d'electronegativitat i enllaç feble.

## Repostes a algunes preguntes

El Si és 146 vegades més abundant que el C a l'escorça terrestre. Per què es va escollir el C i no el Si si pertanien al mateix grup de la taula periòdica (IV), cosa que fa que tinguin propietats semblants?

### Lectura

## **AUTOMANTENIMENT**

Com illots d'ordre en un oceà de caos, els organismes són summament superiors a les màquines construïdes pels hòmens. A diferència de la màquina de vapor de James Watt, per exemple, el cos humà està ordenat. Contínuament s'està reparant a si mateix. Cada cinc dies tenim un folre d'estómac nou, cada dos mesos, un nou fetge i la pell es renova cada sis setmanes. Cada any, el 98% dels àtoms del teu cos són substituïts per altres. Aquest canvi químic que no s'atura, el metabolisme, indica que segur que hi ha vida. La "màquina" del cos demana una entrada continuada d'energia química i de matèria (els aliments).

Els biòlegs xilens Humberto Maturana i Francisco Varela veuen en el metabolisme l'essència de quelcom fonamental per a la vida. L'anomenen "autopoesi", mot d'origen grec que significa "fer" (*poiein*, com en "poesia") "per si mateix" (*auto*); el terme autopoesi indica, per tant, que la vida es va fent continuadament. Sense aquest comportament autopoiètic els éssers orgànics no perduren, no estan vius.

Un ésser autopoiètic metabolitza sense parar; es perpetua a si mateix mitjançant l'activitat química, el moviment de les molècules. L'autopoesi suposa un consum d'energia i la formació de substància. L'autopoesi es detecta pels processos químics i pel flux d'energia que anomenem metabolisme. Només les cèl·lules o els organismes formats per cèl·lules, i les biosferes formades per organismes, són autopoiètics i poden metabolitzar.

L'ADN és una molècula d'importància inqüestionable per a la vida de la Terra; però la molècula en si no té vida. Les molècules d'ADN es dupliquen, però no metabolitzen i per tant no són autopoiètiques. La duplicació no és una característica fonamental de la vida com ho és, en canvi, l'autopoesi. Les mules, filles d'un ase i una egua o d'una somera i un cavall, no es poden "multiplicar". Són estèrils, però metabolitzen amb tanta força com qualsevol dels seus progenitors; són

autopoiètiques; són, per tant, vives. Posem un exemple encara més proper a nosaltres: els hòmens que ja no poden, no han pogut mai o, senzillament, no es volen reproduir no poden ser relegats, per la rígida limitació d'una definició biològica, al regne dels éssers inerts. Naturalment, també són éssers vius.

Segons el nostre punt de vista, els virus no ho són, de vius. No són autopoiètics. Massa petits per a subsistir tot sols, no metabolitzen. Els virus no fan res fins que no s'introdueixen dins d'una entitat autopoiètica: un bacteri, la cèl·lula d'un animal o d'un altre organisme viu. Els virus biològics es reproduïxen dins els seus hostes de la mateixa manera que els virus digitals es reproduïxen dins els ordenadors. Sense l'existència d'un organisme autopoiètic, un virus biològic és una simple barreja de productes químics; sense un ordinador, un virus digital és un simple programa.

Als virus, molt més petits que les cèl·lules, els manquen els gens i les proteïnes necessàries per a automantenir-se. Les cèl·lules més petites, les dels bacteris més diminuts d'una deumilionèsima de diàmetre, aproximadament, són les unitats autopoiètiques més petites conegudes fins ara. De manera semblant al llenguatge, a les nues molècules d'ADN o als programes d'ordinador, els virus muten i evolucionen; però en si no són sinó cadàvers ressucitats. La unitat de vida més petita és la cèl·lula.

Quan una molècula d'ADN es copia en una altra molècula d'ADN exactament idèntica parlem de duplicació. Quan la matèria viva, com una cèl·lula o un cos format per cèl·lules, forma un altre ésser semblant -amb petites diferències atribuïbles a mutacions, recombinació genètica, adquisició simbiòtica, variació evolutiva o altres factors- parlem de reproducció. Quan la matèria viva es continua reproduint en formes lleugerament modificades que, al seu torn, donen una descendència modificada, parlem d'evolució: canvis en les poblacions d'éssers vius a través del temps.

La identitat i el manteniment propi necessiten metabolisme. La química del metabolisme, anomenada sovint fisiologia, precedeix a la reproducció i a l'evolució. Perquè una població evolucione, els seus membres s'han de reproduir. Però abans que cap organisme pugui reproduir-se, primer cal que es mantinga a si mateix. en el temps de la vida d'una cèl·lula, cadascuna de les aproximadament cinc milions de proteïnes diferents que la constitueixen s'haurà renovat milers de vegades. Les cèl·lules bacterianes produeixen ADN i ARN (àcids nucleics), proteïnes enzimàtiques, greixos, hidrats de carboni i altres compostos de carboni complexos. tots els protoctists, els fongs els animals i les plantes produeixen també aquestes i altres substàncies. Però el que és més important i meravellós: cap ésser viu no es produeix ell mateix.

Aquest manteniment del conjunt energètic mentre els components estan contínuament o intermitentment reestructurant-se, destruint-se i reconstruint-se,



trencant-se i reparant-se, és el metabolisme, i necessita energia. D'acord amb la segona llei de la termodinàmica, el manteniment autopoietic conserva o augmenta l'ordre intern, i afegeix "desordre" al món extern en eliminar les deixalles o en descarregar calor. Tots els éssers vius han de metabolitzar i, per tant, tots han de crear un desordre local: calor inútil, soroll i incertesa. Aquest és el comportament autopoietic, que reflecteix les necessitats autopoietiques de cada organisme viu en funcionament.

Linn Margulis i Dorion Sagan: Què és la vida?

### QÜESTIONS

- 1-Busca el significat de totes les paraules noves que has llegit o no tens molt clar què volen dir
- 2- Quines raons fan opinar als autors que els virus no són éssers vius?
- 3- Digues quina és la funció vital primordial, segons el parer dels científics esmentats al text. Explica el per què
- 4- Destaca les cinc principals idees que conté el text.
- 5- Resumeix el text (10 línies)
- 6- Després de llegir amb molta cura la lectura i els apunts, intenta donar una definició personal de VIDA

\* Enllaços Si-Si més dèbils i inaqüestables que C-C

\* Unions O-Si-O molt resistent que fan que en alguns casos (silicones) tinguen comportament inert. (Això no interessa des de punt de vista biològic , ja que els enllaços han de ser suficientment energètics per ambstruir molècules resistents , però suficientment febles per a que es puguen trencar en determinades reaccions bioquímiques. A més a més els òxids de Si són insolubles en aigua.

Criteris: Disponibilitat a l'atmosfera , hidrosfera i escorça  
El seu comportament en el medi aquós  
La reactivitat dels àtoms  
Tipus d'enllaços que poden aqüestablir

Funcions oligoelements

Bioquímica: lògica molecular dels organismes vius

Els éssers vius auestan integrats per molècules inanimades. Si aüllem aquestes molècules i les examinem una a una , podem ambstatar que compleixen totes i caadascuna de les lleis físiques i químiques que regeixen el comportament de la matèria inerta. Malgrat això , però , els organismes vius posseeixen atributs extraordinaris que no presenten el ambjunt de molècules inanimades.

Un dels atributs més daquestacat dels éssers vius és la seua gran complexitat i el seu alt grau d'organització. Poseeixen estructures internes intrincades que ambtenen moltes classes de molècules complexes. A més , els organismes vius apareixen en milions d'espècies diferents. Això ambtrasta amb la matèria inanimada del nostre entorn , representada per l'argila , l'arena , les roques i l'aigua del mar , la qual està ambstituïda usualment per mescles a l'atzar de composts químics relativament simples i presenta una escassa organització.

En segon lloc , cada component d'un organisme viu sembla desenvolupar una funció específica. Això és cert , no solament en les estructures macroscòpiques com el cor , els pulmons o les flors , sinó també en les estructures microscòpiques intracel·lulars , com el nucli o la membrana. Encara més , els composts químics que es troben a les cèl·lules , ambsiderats individualment , com són les proteïnes o els lípids , desenvolupen funcions específiques. Això implica que estiga justificat preguntar-se quina és la finalitat d'una molècula o d'una reacció química determinada dins d'un ésser viu. Altrament , no té cap trellat qüestionar-se la funció dels diferents compostos químics en la matèria inerta: simplement hi són presents.

El tercer dels atributs és el fet que els organismes vius posseeixen la capacitat d'extraure , transformar i utilitzar l'energia del seu entorn , ja siga en forma d'elements nutritius orgànics o com energia radiant procedent de la llum solar. Aquaquesta energia permet els organismes vius ambstruir i mantenir les seues pròpies estructures , complexes i riques en energia , realitzar un treball mecànic com és el seu propi moviment o dur a terme un transport de substàncies a través de les seues membranes. Els organismes vius no es troben mai en equilibri amb ells mateixos ni amb el medi ambient que els envolta. Per altra banda , la matèria inanimada no utilitza l'energia amb la finalitat de mantenir la seua estructura o o realitzar un treball; té una tendència a descompondre's i a assolir al llarg del temps un auestat més desordenat fins a auestablir un equilibri amb el seu entorn.

L'atribut més extraordinari que posseeixen els éssers vius és la seua capacitat de produir una rèplica exacta de si mateixos , propietat que podem ambsiderar com la veritable quinta essència de l'auestat vital. Les mescles de matèria inerta no mostren capacitat aparent per desenvolupar-se i reproduir-se en formes exactes en massa , forma , grandària i estructura interna , generació rere generació (...)

La composició química dels éssers vius és , qualitativament , molt diferent de la del entorn físic on viuen. La major part dels components químics dels organismes

vius són composts orgànics de carboni , on els àtoms d'aquest element es troben units per enllaços covalents amb altres àtoms de carboni i amb hidrogen , nitrogen i oxigen. Els composts orgànics de la matèria viva es presenten amb una extraordinària varietat i molts d'ells són extremadament grans i complexos. Així , les cèl·lules més senzilles com és el cas del bacteri *Escherichia coli* ambté al voltant de 5.000 classes diferents de composts orgànics , dels quals hi ha 3.000 proteïnes diferents i 1.000 classes diferents d'àcids nucleics. Cal dir també que proteïnes i àcids nucleics són molècules molt grans i complexes (macromolècules). En l'organisme humà , molt més complex , pot haver unes 100.000 proteïnes diferents. És improbable que alguna de les proteïnes d'*E. coli* siga idèntica a qualsevol de les proteïnes humanes , tot i que moltes d'elles funcionen de forma semblant. En realitat , cada espècie d'organisme posseix un conjunt propi de proteïnes i àcids nucleics , la majoria dels quals són clarament diferents del d'altres espècies.

Com que el nombre d'espècies d'organismes vius és probable que s'apropi a deu milions , podem pensar que el conjunt d'éssers vius deuen contenir  $10^{11}$  classes diferents de proteïnes i un nombre gairebé anàleg d'àcids nucleics. Sembla doncs impossible que els bioquímics puguin aïllar i identificar totes les molècules presents en la matèria viva! És paradoxal , però , que la immensa diversitat de molècules orgàniques presents als organismes es pugui reduir a una , gairebé absurda , simplicitat bàsica. Això és degut a que totes les macromolècules de les cèl·lules aquestes són substituïdes per molècules unitàries, simples i menudes , de molt poques classes diferents , acordonades en cadenes llargues que contenen des de 50 a molts milers d'unitats. Les molècules d'àcid desoxiribonucleic (ADN) , en forma de llargues cadenes , aquestes són substituïdes per quatre classes diferents d'unitats -desoxiribonucleòtids- ordenats en una seqüència característica. Les proteïnes aquestes són substituïdes per cadenes on s'uneixen covalentment 20 classes diferents d'aminoàcids. Els 20 aminoàcids diferents poden ordenar-se en moltes seqüències diferents amb la fi de formar moltes classes de proteïnes de la mateixa manera que es poden construir un nombre pràcticament il·limitat de paraules amb les 25 lletres de l'alfabet.

Cal dir que les poques classes de nucleòtids que formen els àcids nucleics i les 20 classes d'aminoàcids diferents a partir dels quals es formen les proteïnes , són idèntics en totes les espècies , ja siguin de microbis , plantes o animals.

El reduït nombre de molècules unitàries a partir de les quals aquestes són substituïdes totes les macromolècules , posseeixen una altra sorprenent característica: Cadascuna d'elles desenvolupa més d'una funció a l'interior de les cèl·lules. Els aminoàcids no solament formen les proteïnes , sinó també actuen de precursors de les hormones , alcaloides , pigments i altres moltes biomolècules. Diversos nucleòtids , a més de formar els àcids nucleics , actuen com a coenzims o com a molècules transportadores d'energia.

A partir del que hem dit , ja podem deduir alguns dels axiomes de la lògica molecular de la vida:

Atés que els milers de macromolècules presents en les cèl·lules aqüestan ambstruïpes únicament amb unes poques molècules unitat , podem afirmar que en l'organització molecular de la cèl·lula existeix una simplicitat fonamental.

Com que aquestes molècules unitat són les mateixes en tots els organismes vius ambeguts , podem deduir que tots els organismes vius provenen d'un avantpassat comú.

Del fet que cada organismes tinga el seu ambjunt distintiu d'àcids nucleics i proteïnes surgeix un altre axioma: La identita de cadascuna de les espècies és preservada per la possessió d'un ambjunt distintiu de proteïnes i àcids nucleics.

En la versatilitat funcional d'aquestes biomolècules bàsiques pofem percebre l'existència d'un principi fonamental d'eambomia mollecular. les cèl·lules solament ambtenen les molècules més senzilles possibles , en el nombre mínim de tipus diferents , res més que els indispensables per dotar-les de l'atribut de la vida.

A.L. LEHNINGER: Biochemistri