

## ASTRONOMIA

### **MISCEL·LÀNIA ACTUAL DEL SISTEMA SOLAR**

*Antoni Petit i Deulofeu*

#### **RESUMEN**

En el año 2006, la Unión Astronómica Internacional propuso que el término planeta se redefiniera para aclarar el estatus planetario del sistema Solar. La propuesta se denomina “*Resolutions 5A, 5B, 6A and 6B for GA-XXVI*”. Miembros de la UAI votaron la propuesta el 24 de agosto de 2006 en Praga.

KEY WORDS: *Anthropic principle*

#### **1. Raonaments sobre el principi antròpic**

Alguns cosmòlegs quàntics fan referència a l'anomenat Principi Antròpic (de *antropos*, home en grec), principi que requereix que les condicions de l'Univers han de ser compatibles amb l'existència dels éssers humans. En la seva formulació més dèbil aquest principi estableix simplement que la branca particular de l'història del món en la qual ens trobem, posseeix les característiques necessàries perquè existeixi el nostre planeta i floreixi en ell la vida, incloent naturalment a l'home.

Filosòficament podríem dir que pel sol efecte de la seva existència un observador suficientment cultivat pot interpretar, en certa manera, la funció d'ona de l'Univers, en tota la part que descriu el món observable per ell. Aquest va ser el punt de vista de l'Escola de Copenhague al fer una interpretació filosòfica de la nova teoria denominada Mecànica Quàntica.

El Principi Antròpic afirma que els observadors humans no són solament espectadors passius, són alguna cosa més, uns participants a la creació de l'Univers.

De fet aquest principi ens enfronta més be amb un conjunt de qüestions teòriques fascinants, però també convencionals, sobre les condicions necessàries per l'evolució de sistemes complexos adaptatius a les diferents branques de l'història de l'home, en diversos llocs i moments; donada la teoria bàsica de les partícules fonamentals i l'estat quàntic inicial de l'Univers.

Entre els científics segurament pocs protestarien de la validesa del “Principi Antròpic” dèbil, no obstant alguns van més enllà i proposen una versió “força” del

principi. Però sembla ser que amb aquesta teoria cal acceptar una diversitat d'universos diferents. En la majoria d'aquests universos, les condicions no serien les apropiades pel desenvolupament de organismes complicats com el nostre, solament en uns pocs universos semblants al nostre es desenvoluparien éssers intel·ligents, i els quals també es podrien fer la següent pregunta: Perquè l'Univers és com el veiem? La resposta és llavors simple: Perquè si hagués estat diferent nosaltres no estaríem aquí.

Els científics actuals es queixen que si el model del *Big-bang* calent és correcte des del principi del temps, l'estat inicial del nostre Univers tindria que haver estat elegit amb molta cura. Per tant es fa molt difícil explicar per què l'Univers a començat d'aquesta manera. Sobre això els científics poden dir que no hi ha cap misteri que en principi no ens faci acceptar momentàniament una explicació, quan aquesta és la millor disponible en el temps.

El primer ús del terme *Principi Antròpic* s'atribueix al físic teòric Brandon Carter el qual en 1973, durant un Simpòsium que va tenir lloc a Cracòvia en el que es celebrava el 500<sup>e</sup> Aniversari de Copèrnic i que va tractar sobre "La confrontació de les teories cosmològiques amb les dades experimentals", va emetre el principi per argumentar que, després de tot, la humanitat si que sembla tenir un lloc especial en l'Univers. Així en la seva explicació sobre "*les innombrables coincidències del principi antròpic en la cosmologia*", declarà que: "*Encara que la nostra posició no és necessàriament centrada, és inevitablement privilegiada en un cert sentit.*"

La nostra espècie (*Homo sapiens*), porta pel nostre món uns 200.000 anys. El nostre avantpassat directe l'*Homo erectus*, es va extingir al cap de 1,6 milions d'anys i el seu avantpassat l'*Homo Neanderthalensis* als 0,3 milions. En el cas de l'home actual, del qual hem de dir que acaba d'entrar en l'edat del coneixement, algú podria argumentar que per una tal espècie intel·ligent capaç de desenvolupar raonaments abstractes, crear art i planteja preguntes capcioses, com ara *Quan durarà la nostra espècie ?*

En el nostre cas sembla ser que no serien aplicables les regles normals de les extincions. La teoria actual apunta que podríem utilitzar els nostres descobriments per millorar la nostra situació amb els medis de l'enginyeria genètica. No obstant aquesta alta tecnologia implica també riscos importants. Els últims càlculs ens han donat el límit per la nostra espècie, en uns 8 milions d'anys.

Avui se sap que el *Big-Bang* va esdevenir farà uns 13 700 milions d'anys. Aquest és el temps que es necessita per desenvolupar planetes amb éssers vivents com el nostre. I per arribar a aquest punt, primer es van tenir que formar 13 generacions d'estels massius. La primera generació d'estels era de vida curta (uns 2000 milions d'anys) i les quals van formar dins del seu ventre a partir de l'hidrogen (H) nous

components de la Taula de la vida. (Un estel com més gran és, la seva vida resulta més curta, perquè no pot aguantar llur gran massa molt de temps). Aquests estels exploten en forma de supernova i amb llurs despulles engendren noves generacions d'estels ja de vida més llarga. El procés continua amb noves generacions estel·lars que van enriquint l'espai amb nous elements de la Taula Periòdica, fins que arribaran a formar-se estels de la grandària del nostre Sol (d'uns 10.000 milions d'anys de vida).

Aquesta última generació d'estels ja no tenen prou massa per explotar, però així i tot, en els seus anys de joventut malversen i llençant el seu material sobrant al voltant d'ells i d'aquests amb el temps formaran els planetes. El nostre Sistema Solar ja té 5000 milions d'anys de vida i encara li queda prou combustible per durar 5000 milions d'anys més. Els seus primers 2000 milions d'anys la Terra era massa calenta per desenvolupar qualsevol estructura complicada de vida. Però els altres 3000 milions d'anys restants, van estar totalment dedicats a un lent procés d'evolució biològica, que va evolucionar a partir dels organismes més simples, fins als éssers que ara ja són capaços de mesurar el temps transcorregut des del *Big-Bang*

A continuació mostrem un esquema del nostre sistema planetari format per 8 planetes principals, 45 de planetes nans i infinitat de grups d'asteroides on els principals estan situats entre les òrbites de Mart i Júpiter. En els confins del nostre sistema ens envolta l'anomenada cintura de Kuiper, composta per mils de milions de roques glaçades que graviten més enllà de Neptú. Segurament és el vestigi del disc de matèria a partir del qual es van formar els planetes.

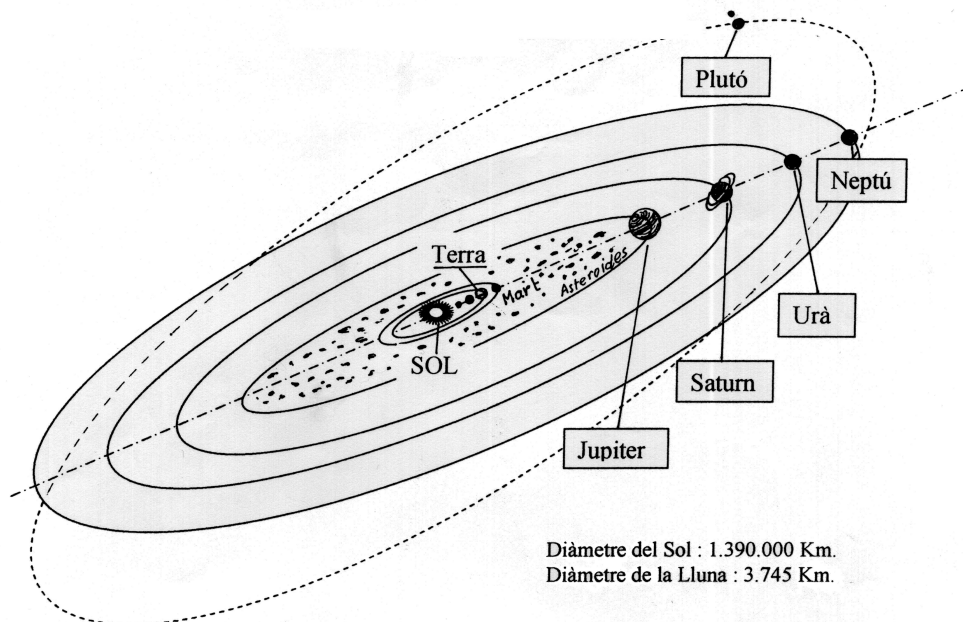


Figura 1. Esquema del sistema planetari solar.

Planetes	Distància al Sol (km)	Velocitat equatorial (km/h)	Velocitat orbital (km/h)	Diàmetre (km)
Mercuri	57.900.000	10,9 (58 dies)	172.800 (36 dies)	4.879
Venus	108.200.000	6,5 (- 243 dies)	126.000 (225 dies)	12.104
Terra	149.600.000	1.674 (1 dia)	108.000 (1 any)	12.756
Mart	228.000.000	866	86.400 (1,9 anys)	6.794
Júpiter	778.400.000	45.316 (10 hores)	46.800 (11,8 anys)	142.984
Saturn	1427.000.000	36.960	34.812 (29,4 anys)	120.536
Urà	2870.000.000	6.650	25.200 (84 anys)	51.118
Neptú	4470.000.000	9.842	28.800 (165 anys)	49.258
Plutó	5900.000.000	57 (6,4 dies)	18.000 (248 anys)	2.390

Taula 1. Velocitats orbitals i equatorials dels planetes

Tots els planetes estan animats per una rotació diürna en el sentit Oest – Est (contrari a les agulles del rellotge) i al voltant de llur eix polar. Contràriament el

planeta Venus gira en sentit retrògrad i lent (- 243 dies)

## 2. La nova definició planetària

El 24 d'Agost del 2006 els membres de la Unió Astronòmica Internacional (UAI) van aprovar a Praga la nova definició de planeta. Aquesta nova definició distingeix els planetes que dominen dinàmicament un vast volum d'espai. Els 8 planetes del nostre Sistema són el producte final dominant del procés d'acreció del disc de matèria primordial i difereix de les nombroses poblacions d'asteroides i objectes del cinturó exterior de Kuiper. Vegem a continuació el que es va decidir a Praga:

<i>Definició de planeta.</i>	<i>Definició de planeta nan.</i>
1. Està en òrbita al voltant del Sol. 2. Té la massa suficient, perquè les forces gravitacionals mantinguin llur cohesió sòlida i hidrostàtica en forma esfèrica. 3. A eliminat tots els cossos susceptibles de desplaçar-se sobre una òrbita pròxima.	1. Està en òrbita al voltant del Sol. 2. Té la massa suficient per mantenir la forma esfèrica. 3. No ha eliminat els cossos susceptibles de desplaçar-se sobre una òrbita pròxima. 4. No és un satèl·lit.
Tots els altres cossos del Sistema Solar que no entren en aquestes dues categories seran anomenats <i>Petits cossos del Sistema Solar</i> .	

Taula 2. Acords de Praga (2006)

A partir d'aquesta òptica anomenarem planeta a un cos prou gran per controlar llur zona orbital mitjançant l'expulsió dels objectes menors, sigui per mitjà de llur eliminació amb col·lisions directes o el seu apressament en òrbites estables per formar satèl·lits. D'acord amb la física bàsica de la dinàmica orbital, la probabilitat de que un cos pugui apartar de les seves proximitats a un objecte menor durant el curs de la vida del Sistema Solar, és proporcional al quadrat de la seva massa i inversament proporcional al període orbital. I aquí entra en funcions el paràmetre de llur densitat ( $\mu$ ) amb la següent relació:

$$\mu = \frac{\text{Massa del planeta}}{\text{Massa total de la resta de cossos que comparteixen la zona orbital}}$$

Quan  $\mu > 100 \rightarrow$  Indica un cos planetari.

Quan  $\mu < 100 \rightarrow$  Indica cossos no planetaris.

Els 8 planetes acceptats del nostre Sistema Solar assoleixen un valor de  $\mu > 5000$ . Mentre que en el cas de Plutó ( $\mu = 1$ ), i per tant ha quedat descartat com planeta, passant a *planeta nan*.

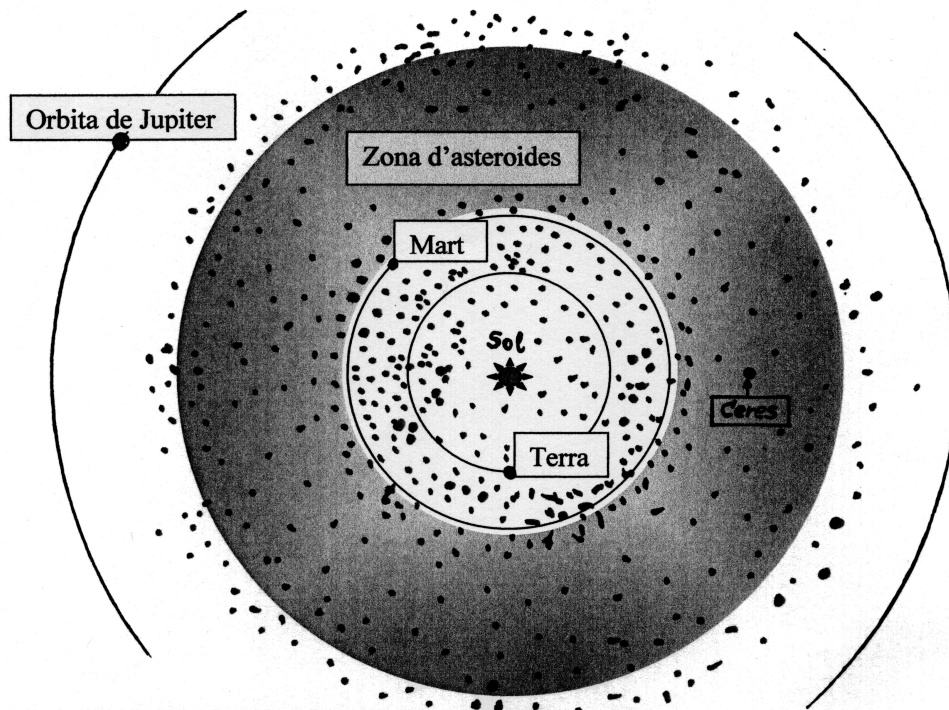
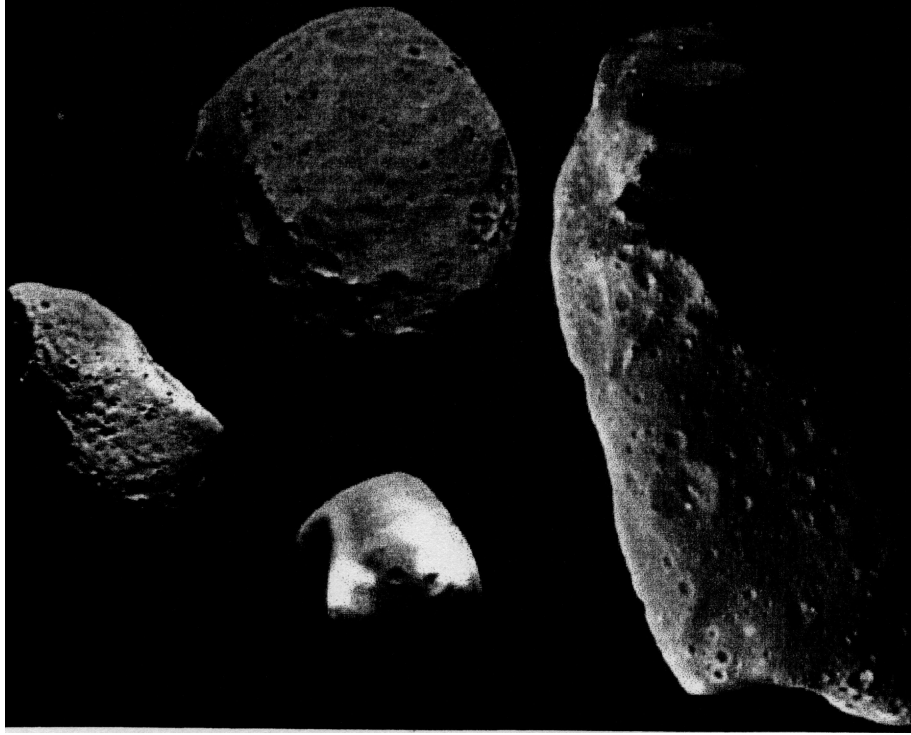


Figura 2. Entorn del Sistema Interior amb la zona d'asteroides

Definitivament els *planetes* del nostre Sistema Solar són, seguint l'ordre a partir del Sol : *Mercuri, Venus, la Terra, Mart, Júpiter, Saturn, Urà i Neptú*. De *planetes nans* se n'han comptat uns 45. Les últimes aportacions són: *Sedna* (catalogat com 2003 VB-12), l'objecte més distant que òrbita al Sol en una òrbita molt el·líptica (entre 75 UA i 1000 UA). *Quoar* de 1280 km de diàmetre i el voluminós **2003 UB-313** de 2800 km de diàmetre.



*Figura 3. Asteroides. El més gran és Ceres (900 km Ø)*

Ara la pregunta dels astrònoms és quins podem ser els escenaris de formació d'aquests cossos. Examinant el problema amb simulacions informàtiques, els astrònoms suggereixen que aquests cossos no es van formar en la seva ubicació actual; pel contrari ells més aviat creuen en possibles escenaris llunyans i a partir d'encontres propers amb el pas d'estels similars al Sol. Aquests escenaris són consistents amb la idea de que el propi Sol va néixer en un llunyà i antic dens cúmulo estel·lar : el cinturó d'Oríó.

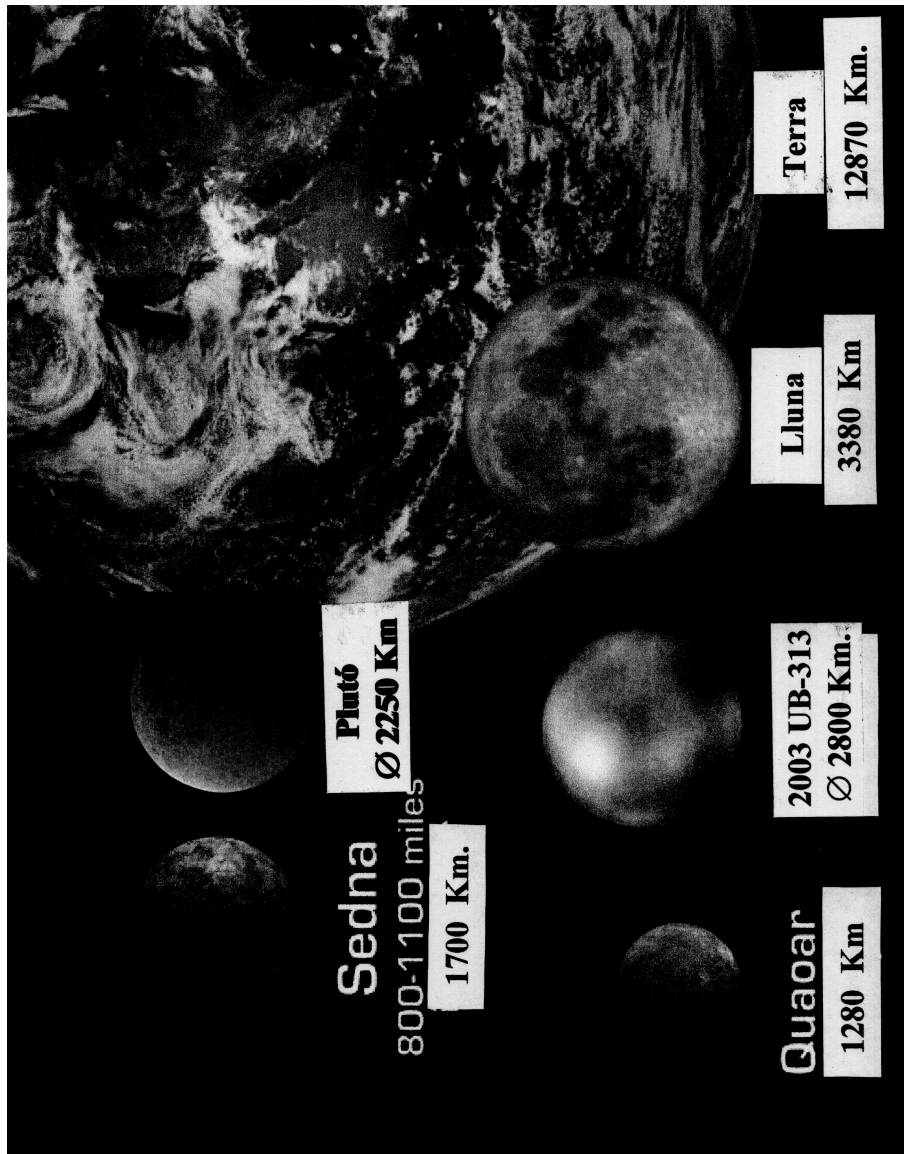


Figura 4. Comparació dels nous elements amb la Terra i la Lluna

Durant 76 anys s'ha ensenyat en les escoles que Plutó era un planeta. Alguns veien en la cultura i tradició raons de pes per deixar-ho com estava. Però la ciència no pot llastrar-se amb errors del passat. Podem i devem revisar les nostres definicions, sempre que sigui necessari, per reflectir el coneixement millorat que deriva dels nous descobriments. El debat sobre la definició de planeta proporcionarà als



educadors un exemple concret de com els conceptes científics no es graven sobre taules de pedra dura, sinó que evolucionen en el temps.

### **3. L'Univers i l'home**

Segons els astrònoms l'Univers accessible a la nostra observació, ocupa un vast volum de mil milions d'anys llum. (Cal tenir en compte que els mitjans d'observació actuals tenen un poder molt superior als nostres sentits). Dins d'aquest espai la matèria està repartida d'una manera molt uniforme, bàsicament en forma aglomerada en les galàxies, el nombre de les quals globalment és de cent mil milions.

La via Làctia és la nostra pròpia galàxia i ella ocupa un gran lloc en el nostre firmament observacional, de fet ens assembla molt més gran que les altres perquè nosaltres la veiem des del seu interior, La galàxia forana més pròxima (Andròmeda) està a uns 200.000 anys llum.

El gegantesc disc inflat del centre de la Via Làctia conté uns cent mil milions d'estels i un d'aquests estels és el nostre Sol, el qual està situat a uns 30.000 anys llum del centre de la nostra Galàxia, a 2/3 del radi del disc. El nostre globus la Terra, és un dels 8 planetes que acompanyen al Sol, és el tercer a partir del centre, a uns 150 milions de Km.

Tot l'Univers està en moviment : les galàxies s'allunyen unes de les altres com si elles haguessin estat projectades per una gran explosió inicial, hi ha molts indicis que va ser el famós "*Big-Bang*" el que va crear el nostre Univers. Les galàxies volten sobre elles mateixes, enviant llurs estels en una ronda vertiginosa i amb elles el seu seguici de planetes els quals també participen en aquest embolic rotacional, girant al voltant dels estels, ja que cada planeta té un gir propi. Per exemple la nostra Terra fa una volta sobre el seu eix en un dia, gira al voltant del Sol en un any i al voltant del centre galàctic en 250 milions d'anys. Per tant cada un de nosaltres gira al voltant de la Terra a la velocitat de 1600 km/h, al voltant del Sol a la velocitat de 50.000 km/h i al voltant del centre de la Via Làctia a la velocitat d'un milió de km/h.

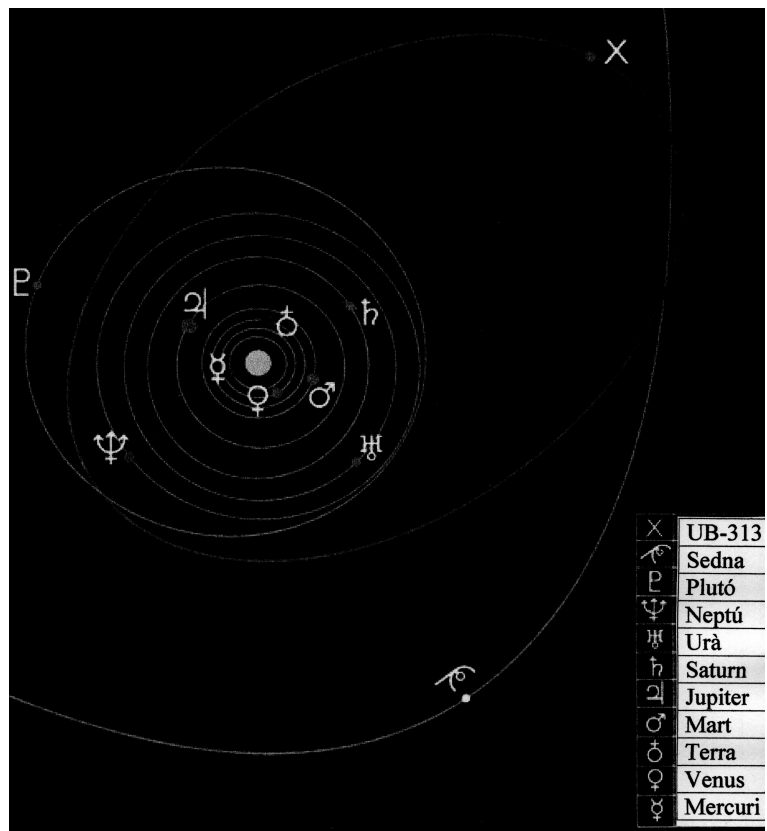


Figura 5. Nova estructura del nostre Sistema Planetari.

Aquest moviment no serà pas sens dubte perpetu, ell ha tingut un principi i també tindrà un fi, segons la teoria del “*Big-Bang*”, l’Univers que ara nosaltres coneixem tindrà una edat d’uns 13 000 milions d’anys, i la edat del nostre Sistema Solar pot ser avaluat en suficient precisió en uns 5000 milions d’anys, 5000 milions de vegades la nostra Terra ha fet la volta al Sol; però en cada volta uns nous esdeveniments en el temps s’han produït al voltant d’aquest ínfim aglomerat de matèria. Amb el gas projectat per les erupcions volcàniques, poc a poc es va anar formant una atmosfera, el vapor d’aigua condensat va crear els oceans i gràcies a la energia subministrada per les radiacions ultraviolades de la llum solar, les molècules simples es van associar per realitzar molècules cada vegada més complexes, que portarien la possibilitat, després d’un llarg temps que aparegués, farà uns 3500 milions d’anys, molècules que posseïen la estranya i fabulosa propietat de reproduir-se elles mateixes i fabricar altres molècules exteriors, és a

dir el procés de la vida.

El món vivent no es pas un món fonamentalment diferent del món inanimat, ja que està fet de la mateixa matèria i està sotmès a les mateixes forces i obstacles. És la mateixa dinàmica de la matèria inanimada la que ha provocat l'aparició, no d'una manera brutal o esclatant com un miracle, sinó d'una forma progressiva, laboriosa i excitant del fenomen de la vida.

Des fa algun temps s'ha cregut poder distingir aquest món vivent pel seu poder que té de desafiar el famós segon principi de la termodinàmica, que fou enunciat per Carnot a principis del segle XIX. Amb el qual es constata la degradació necessària de tota forma d'energia, vàlida en tot el rigor per un sistema ja format; però que permet al preu d'una extrapolació arriscada, de preveure una dissipació general de l'Univers, condemnat a esfondrar-se en una grisalla i on tota estructura haurà desaparegut. Els científics caracteritzen aquest tipus de procés d'afebliment i de degradació general, dient que l'entropia és constantment creixent. Però el fet és que la matèria vivent apareix contràriament essent capaç de mantenir llur estructura i amb la tendència a evolucionar sempre cap una major complexitat i eficàcia, de manera que llur entropia tendeix a ser decreixent.

Això fou confirmat uns quants anys després amb els treballs d'un grup de científics europeus, entre altres el químic belga Ilya Prigogine (d'origen rus), premi Nobel de Química en 1967. Les seves aportacions a la termodinàmica, el manaren a la formulació del Teorema de la mínima producció d'entropia. La qual fou una nova manera d'enfocar el Segon Principi de la Termodinàmica.

Amb la seva teoria es va demostrar que el segon principi de Carnot no dona més que una imatge simplista d'una propietat molt més complicada de la matèria, quan els sistemes materials són suficientment complexos, ells s'estructuren espontàniament d'una forma que minimitza la producció d'entropia i aquest comportament és justament el que utilitza la matèria vivent.

Cal notar que aquesta unitat retrobada no és pas obtinguda al preu d'un empobriments de la nostra representació de la vida, ja que gràcies a una millor presa de consciència de les lleis de la matèria es pot assimilar a la oposició vivent / no vivent, el grau de complexitat poc o molt, i la unitat de conjunt tendeix a restablir l'equilibri. Certament els biòlegs s'esforcen sempre en descriure el funcionament dels organismes vivents per mitjà dels conceptes que els hi han traspassat els físics, però igualment els físics es recolzen en els biòlegs per comprendre millor certs comportaments sorprenents de la matèria.

Aquesta unitat profunda no nega pas la diversitat fabulosa de les realitzacions, que degut a l'exuberància d'aquest món que tan podem qualificar de vivent com de hiper-complex.

El nombre d'espècies repartides en la nostra Terra és de l'ordre de un milió i mig, la diversitat de les aparences i de les funcions, dona la impressió d'una heterogeneïtat fonamental. -Què hi ha de comú entre una alga i una oreneta o entre una medusa i un home? L'evidència d'una tal semblança és esborronadora, però del moment que trèiem les aparences externes i partim de les estructurals profundes, veurem que resulten semblants els processos pels quals els organismes asseguruen el seu desenvolupament i supervivència, siguin individuals o col·lectius . Totes les cèl·lules realitzen les transferències d'energia per medi dels mateixos components de la química, entre els quals destaca el trifosfat d'adenosina (ATP).

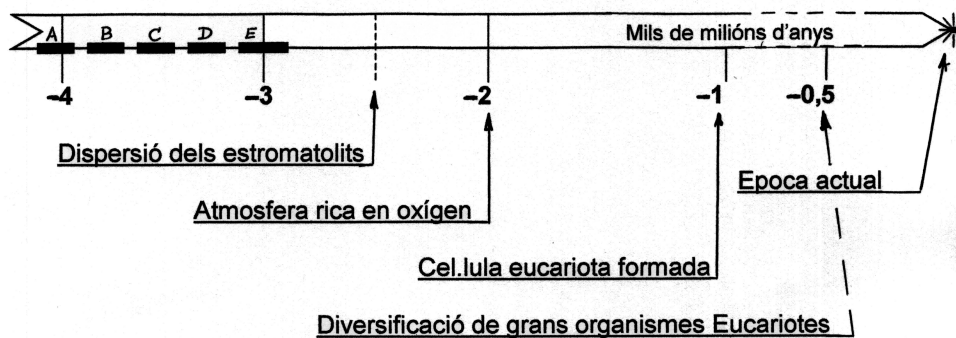


Figura 6. Procés del vivent sobre la Terra

Les membranes de les cèl·lules tenen totes la mateixa estructura i l'emmagatzemament d'energia està assegurat pels mateixos productes grasses o hidrats de carbó. Les reaccions necessàries són catalitzades per les proteïnes d'estructura, entre elles, molt semblants. I aquestes proteïnes són fabricades a partir de les informacions del corresponent patrimoni genètic de cada espècie i assegurades per un mecanisme codificat universalment, que resulta vàlid per tot el procés.

Pot resultar improbable que aquests signes hagin pogut trobar-se en tots els organismes vivents, si aquests no tenen un origen comú. Però si que queda clar amb una certitud quasi absoluta, l'afirmació de la unitat del món vivent.

### Pauta d'acceleració seguida per l'evolució de la vida

Evolució química	uns 2.000 milions d'anys
Evolució dels vegetals i animals terrestres	uns 450 milions d'anys
Evolució dels animals de sang calenta	uns 100 milions d'anys
Evolució dels Primats	4 milions d'anys
Evolució de l'Home	menys d'1 milió d'anys

L'Era actual del Coneixement

a penes compta amb 400 anys

<b>Dades en milions d'anys enrere</b>	<b>Episodis principals</b>
4.500	El planeta Terra es forma a partir del disc d'acreció que envolta al jove Sol.
4.100	La Terra està en plena fusió i es comença a solidificar una crosta en la superfície.
4.000	Formació d'oceans i continents.
3.900	Roques sedimentàries més antigues. Liberalització inorgànica de traces d'oxigen.
3.700	Apareixen les primeres cèl·lules semblants als procariotes. Aquests primers organismes són autòtrofes.
3.500	Aquests primers organismes usen el diòxid de carboni com a font per oxidar els materials inorgànics traient-ne energia. Més endavant les cèl·lules procariotes fan enllaços glicosídics mitjançant la molècula d'ATP com a medi energètic, creant amb llurs reaccions químiques molècules orgàniques, com ara la glucosa.
3.200	desenvolupament dels primers bacteris anaeròbics. Aquests organismes generen ATP, aprofitant el mecanisme denominat gradient de protons.
3.000	Origen dels bacteris fotosintètics. Com que l'aigua és comporta com un reductor els cianobacteris evolucionen.

*Taula 2. Interval de temps en l'evolució. Perfils dels intervals dels principals esdeveniments en el desenvolupament de la vida en el planeta Terra i de llur escala del temps geològic.*

#### BIBLIOGRAFIA

- DAWKINS, RICHARD (1993). El gen egoista. Biblioteca Salvat, Vol. 5. Barcelona.  
HAWKING, STEPHEN (1994). Trouis noirs et Bébés Univers. Ed. O. Jacob. Paris.  
HAWKING, STEPHEN (2004). Sobre les espatlles de gegants. Ed. Columna. Barcelona.  
UAI (2006). Informe de la 26<sup>a</sup> Assemblea General de la (UAI). Agosto 2006.

#### Referències Internet

- IAU. Minor Planet Center: <http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/InnerPlot2.html>  
NASA web Site: <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap060828.html>  
Wikipedia: [http://ca.wikipedia.org/wiki/Principi\\_antr%C3%B2pic](http://ca.wikipedia.org/wiki/Principi_antr%C3%B2pic)