

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

1. Introducció



El planeta Venus davant del Sol, vist des dels Pirineus.
(C. Coutard, J-M Malherbe, S. Rondi, T. Vevaud)
Observatoire Midi-Pyrénées / Pic du Midi
Lunette Jean Rösch
2011.- <http://ljr.bagn.obs-mip.fr/>

3

TEMES DE PETROLOGIA ÍGNIA

2

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

- 1.- *Introducció.*
- 2.- *Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.*
3. *Les roques ígnies en altres cossos astronòmics.*
- 4.- *Les roques ígnies al planeta Mercuri*
- 5.- *Les roques ígnies al planeta Venus*

4

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

1. Introducció

• 1.- Introducció.

Podem definir les roques ígnies com aquelles roques que s'han format per la consolidació d'un magma.

Per tant, en un sentit ampli, es consideren roques ígnies les roques que han assolit o superat la seva temperatura mínima de fusió (*temperatura "solidus"*)

- A la Terra i als altres cossos planetaris anomenats "terrestres" les roques ígnies estan formades principalment per silicats, els quals són els constituents essencials de les escorces i els mantells respectius. Aquests materials es caracteritzen per tenir elevats punts de fusió ("materials refractaris").

Els nuclis estan formats principalment per aleacions de ferro encara més refractàries.

5

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

1. Introducció

- En el Sistema Solar extern (a partir de Júpiter) els planetes gegants estan constituïts majoritàriament per gasos i fluids supercrítics, amb densitats similars a l'estat líquid, i amb composicions dominants d'hidrògen (molecular i metàl·lic).
- No obstant això, cal destacar que aquests planetes tenen nombroses llunes (algunes de dimensions planetàries) i també existeixen planetes nans (Eris, Plutó) asteroides i cometes que estan formats per materials sòlids i, per tant per "roques".
- Jupiter té 64 llunes, Saturn 62, Urà 27 i Neptú 13. Cal afegir que el planeta nan Plutó, en té quatre més. Això fa un total de 170 llunes formades totalment o en part per material sòlid.
- Les temperatures superficials d'aquests cossos són molt fredes, des dels -160°C als satèl·lits de Júpiter fins a uns -230°C a la superfície de Plutó.

6

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

➤ 2.1. Definició de magma a la Terra

- En les condicions de la **superfície terrestre** es consideren magmes als materials d'origen natural que contenen una fase fosa i que es troben a altes temperatures.

Per tant, queden excloses de la definició les fases líquides a baixa temperatura, de les quals les més importants són l'aigua i les solucions aquoses.

- Els conceptes d'alta i baixa temperatura són intencionadament ambigus i volen destacar essencialment els diferents processos geològics en que es troben implicats (per exemple: volcanisme i plutonisme en el cas dels magmes, erosió i sedimentació en el cas de l'aigua).

- Les temperatures dels magmes silicatats a l'escorça terrestre varien entre uns **650°C** fins a uns **1200°C**, tot i que els magmes komatiïtics de l'Arqueà superaven els **1500°C**. A l'altre extrem trobem els magmes carbonatífics (formats per carbonats alcalins i alcalino-terris) amb temperatures d'uns **500°C**.

7

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

- D'altra banda, l'aigua i el gel a la superfície terrestre es troben, aproximadament, limitats entre **50°C** i **-50°C**, encara que la temperatura terrestre mitjana és d'uns **14°C**. En condicions subterrànies, no obstant, l'aigua es pot mantenir en estat líquid fins als seu punt crític (**373°C**).

- Així doncs, els conceptes de temperatura alta o baixa són conceptes relatius basats en la comparació amb les temperatures superficials del planeta (o cos astronòmic) corresponent.

✦ 2.1. Definició de magma a la Terra expandida fins a condicions extremes.

A la terra es poden donen temperatures molt superiors a les magmàtiques "normals" en algunes circumstàncies:

- a) **Impactes meteorítics**
- b) **Impactes de llamps**
- c) **Explosions nuclears**

8

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

- a) **Impactes meteorítics.**- La caiguda d'objectes meteorítics de grans dimensions (asteroides, cometes) allibera prou energia per arribar a la fusió tant de les roques terrestres com del mateix objecte astronòmic. Això genera magmes de composicions atípiques que depenen dels materials implicats.

Un exemple són les **suevites** (Le Maitre et al, 2002), impactites amb parts **hialines** o **pumítiques** que es troben als astroblemes). També mostren textures i mineralogies característiques del metamorfisme d'impacte. Uns minerals molt característics són les fases d'alta pressió de la sílice (coesita i stishovita) i la fase amorfa (víttria) lechatelierita, i els diamants.

Un altre exemple de vidre format per refredament ràpid d'un fos d'impacte són les **tectites**, que cauen en àrees extenses al voltant dels cràters d'impacte després d'haver assolit grans altituds sobre la superfície terrestre.

En realitat les temperatures poden ser tant elevades que una part del material supera les temperatures d'ebullició dels silicats i es vaporitzen (temperatures molt superiors a 3000°C). Posteriorment per refredament es formen gotes magmàtiques per condensació.

9

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.



Raab, H. (2007)

Suevita del cràter del Ries de Nördlingen (Bavaria, Alemanya).
Vidre i fragments de roca.

10

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.



Mp (2004)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Tektite>

Tektita (Moldavita)

Vidre d'origen meteorític procedent de la fusió de les roques terrestres per l'impacte.

11

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

- b) Impactes de llamps.- Tenen només una importància simbòlica pel petitíssim volum que generen però formen productes de fusió de les roques a temperatures superiors a les volcàniques. Les fulgurites són masses de vidre de formes ramificades principalment de composició silícica (lechatelierita) per la fusió de grans de quars que requereixen temperatures superiors a 1700°C.



Fulgurita.

Vidre de sílice format per la caiguda d'un llamp

Wilson, G. (2011)

Southern British Columbia. Stanley sample 1697.

12

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

- c) **Explosions atòmiques.**- La gran quantitat d'energia alliberada per les bombes nuclears fon i volatilitza les roques dels seus voltants, ja sigui en explosions a ran de terra o subterrànies. El material vitri radiactiu format (**semblant a una obsidiana**) que es va formar per la fusió i evaporació de la sorra del desert, rica en quars, en el primer assaig nuclear ("Trinity") es va anomenar **trinitita**. Es podria considerar una **roca artificial**.

Trinitita.

Vidre format per la fusió i volatilització de la sorra del desert a Tularosa Basin, Alamogordo, New Mexico, USA. a causa de l'explosió nuclear "Trinity" al 1946.



Foto: Shaddack. 13 February 2009

13

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

✦ 2.2. Definició de magma **al Sistema Solar** expandida fins a condicions extremes (en els nivells Escorça-Mantell).

- En els planetes interns o terrestres els materials rocosos i els processos que donen lloc a la seva fusió són similars a grans trets als que es donen a la Terra. Inclouen essencialment una composició silicatada, l'energia interna dels cossos astronòmics i l'energia ocasional aportada per les colisions d'asteroides i cometes.

- En els cossos sòlids externs, principalment les llunes dels planetes gegants, els planetes nans i els cometes, els constituents materials i els processos "geològics" estan governats per les **baixes temperatures**.

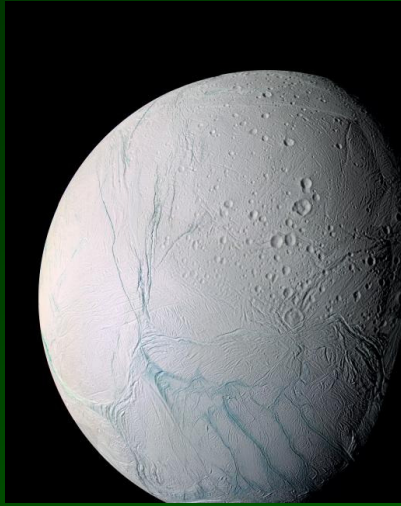
Els materials SÒLIDS que els formen, en els planetes terrestres serien volàtils (líquids o gasos). El més important és el gel de H₂O. A temperatures de -160°C o inferiors el gel és gairebé tant dur com el granit o altres roques terrestres.

-En aquests cossos de dimensions planetàries (Ganímedes és més gran que Mercuri, i Calixt quasi igual), la fusió de les **roques corticals (gel)** dona lloc a la formació d'aigua líquida, la qual es comporta com un magma. Aquest fenomen s'anomena **CRIMAGMATISME** (Kargel, J. S., 1990; Wilson & Head, 1999).

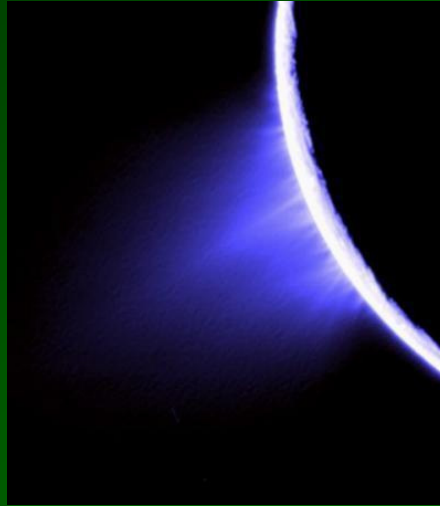
14

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.



PIA07800. NASA Photojournal (10/3/2006)



PIA08386 NASA Photojournal (11/10/2007)

CRIOMAGMATISME Grans sortidors de criomagma aquós a Encèlad (satèl·lit de Saturn)

15

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

- El **CRIOMAGMATISME** engloba tots els processos relacionats amb el magmatisme però a molt baixes temperatures. Per tant es parla de criomagmes, criolaves, processos intrusius (**crioplutonisme**), processos extrusius (**criovolcanisme**).

- En el satèl·lit de Júpiter Europa s'han descobert estructures que suggereixen un criovolcanisme d'aigua. Hi ha estructures dòmiques, planes de gel, probables dipòsits **criopiroclàstics** de gel. El **criomagma** aquós sembla formar part de mescles eutèctiques amb sulfats de sodi i de magnesi que cristal·lizarien formant roques "crioplutòniques" o "criovolcàniques" formades per aproximadament un 50% de gel i 50% de sals hidratades de sodi i magnesi (Wilson & Head, 1999).

- Les **criolaves** aquoses poden variar en composició des de salmorres d'aigua i sal, solucions criogèniques amb amoníac, possiblement incloent-hi metanol, sulfur d'amoní i altres clorurs alcalins (Kargel, 1990).

- Els primers volcans de gel van ser observats per primer cop a **Tritó** (satèl·lit de Neptú) al 1989. Posteriorment, a part de **Encèlad**, ja esmentat, s'han trobat evidències de criovolcanisme a **Europa**, **Tità**, **Ganimesdes** i **Miranda**.

16

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

✦ 2.3. Definició de magma al Sistema Solar expandida fins a condicions extremes (a nivell del Nucli).

- Les dades geofísiques de les que es disposa en l'actualitat indiquen que la part exterior del nucli terrestre es troba en estat de fusió amb baixa viscositat, i a molt altes temperatures i pressions. L'estimació de temperatures en el nucli extern oscil·la entre uns **3700°C** en el límit amb el Mantell i uns **4700°C** en el límit amb el nucli intern (Boehler, 1996).

Les fases minerals majoritàries serien cristalls de ferro i níquel d'alta pressió que anirien precipitant cap al nucli intern immersos en una fase líquida de composició similar (Anderson, 2002).

-Es pot considerar, per tant, com un magma de molt alta temperatura que dona lloc a unes **roques plutòniques formades essencialment per cristalls de ferro i níquel o d'aleacions entre ells**. Es creu que les grans pressions que es donen al nucli terrestre afavoreixen una estructura hexagonal del ferro (hcp) que pot explicar la forta anisotropia observada en el nucli intern (*Stixrude & Cohen (1995)*).

- Magmes i roques ígnies similars poder formar-se o haver-se format en el passat en altres nuclis planetaris, en nuclis de llunes dels planetes, o en asteroides.

17

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

- En el límit nucli-mantell planetaris o asteroidals les roques de ferro-níquel poden incloure fases silicatades (forsterita) com s'observa en els meteorits anomenats **palasits**.

- Encara que els magmes terrestres directament observables procedeixen de zones del mantell bastant superficials (menors de 200 km, 6 GPa), estudis recents apunten a que poden existir **magmes silicatats en zones molt profundes**, fins i tot al límit nucli-mantell (a 2890 km de profunditat i 136 GPa) (Ni Sun, 2008) (Zona sísmica d'ultra baixa velocitat, **ULVZ**, Garnero & Helmberger (1995).

- Una excepció podrien ser les **komatiïtes** de l'Arqueà que semblen procedir de zones profundes del mantell superior (500-670 km) o inclús del mantell inferior (Herzberg, 1995; Miller et al., 1991)



Làmina prima de komatiïta amb textura spinifex
Chedle, M. et al. (2003)

18

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

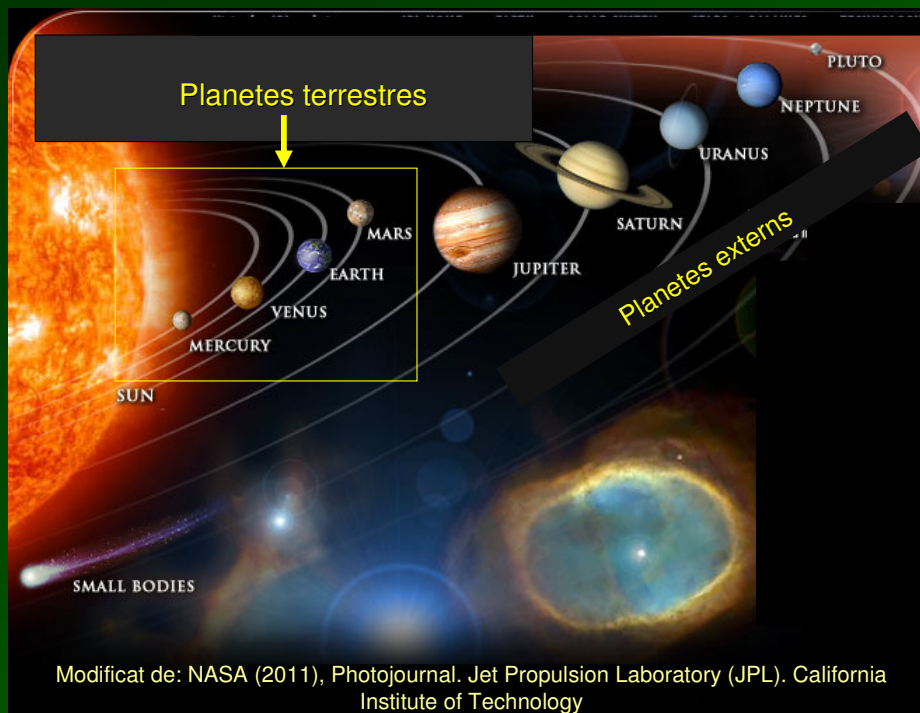
2. Revisió dels conceptes de magma i roques ígnies en l'entorn del Sistema Solar.

En l'estudi de les roques ígnies a altres cossos astronòmics cal fer una distinció clara entre:

- (I) els cossos astronòmics anomenats "terrestres" o "interns"
- (II) els "externs"
- (III) Exoplanetes

19

Sistema Solar: 1) Planetes terrestres; 2) Planetes externs



20

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

3. Les roques ígnies en altres cossos astronòmics.

- (I) Els cossos astronòmics "terrestres" corresponen als planetes i altres objectes formats en òrbites més pròximes al Sol que el planeta Júpiter. Estàn formats essencialment per minerals refractaris (de punt de fusió elevat), entre els que dominen els silicats i el ferro metàl·lic

• EN AQUEST GRUP ES TROBEN:

- 1) Mercuri
- 2) Venus
- 3) la Terra
- 4) la Lluna
- 5) Mart
- 6) els satèl·lits de Mart: Phobos i Deimos
- 7) els Asteroides (Ceres, Vesta, etc).
- 8) els Meteorits

21

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

4.- Les roques ígnies al planeta Mercuri

MERCURI

Estructura interna:

- Nucli: El més gran en proporció (forma el 70% de la massa planeta)
- Mantell
- Escorça (> 100 km)

Composició petrològica probable:

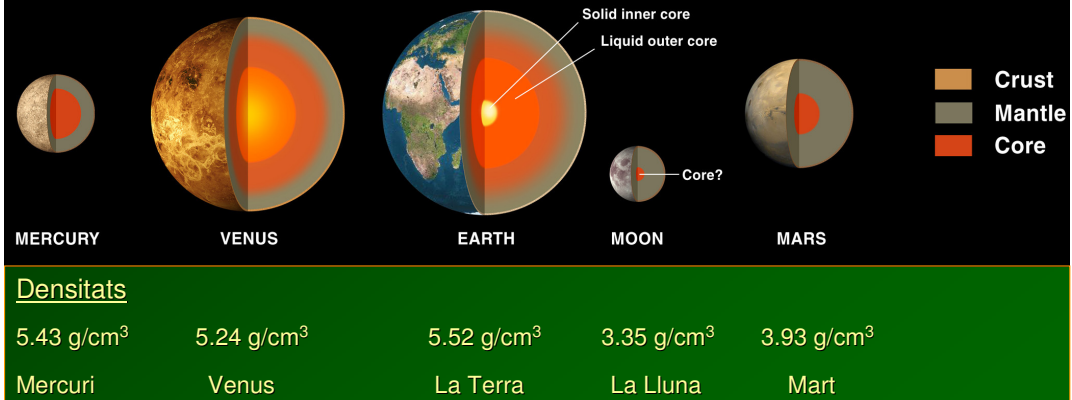
- 1) Nucli: Ferro i níquel ± Sulfur de ferro (en part fos)
- 2) Mantell: Silicats (acumulats Fe-Mg: Peridotites?)
- 3) Escorça (superfície): (*Sprague et al., 1994*)
 - Basalt (49% SiO₂)
 - Anortosita (amb labradorita)
 - Diorita (55% SiO₂)

22

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

4.- Les roques ígnies al planeta Mercuri

Els interiors dels planetes terrestres a escala real.



NASA (2010): terrest_int.jpg. Terrestrial Planet Interiors

23

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

4.- Les roques ígnies al planeta Mercuri

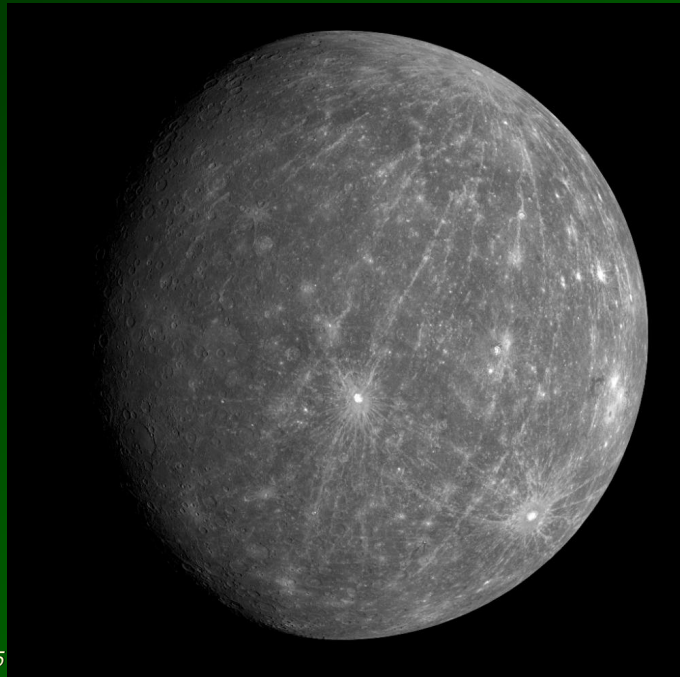
MERCURI

Vista global del planeta amb una superfície intensament crateritzada. Raigs radials molt visibles surten dels cràters relativament joves.

Messenger, (Oct. 6, 2008)
NASA

Sense atmosfera apreciable, i, per tant, sense processos erosius, la seva superfície recorda molt la superfície de la Lluna. El seu interior, en canvi, s'assembla més al de la Terra.

NASA (2008) Image ID: PIA11245



24

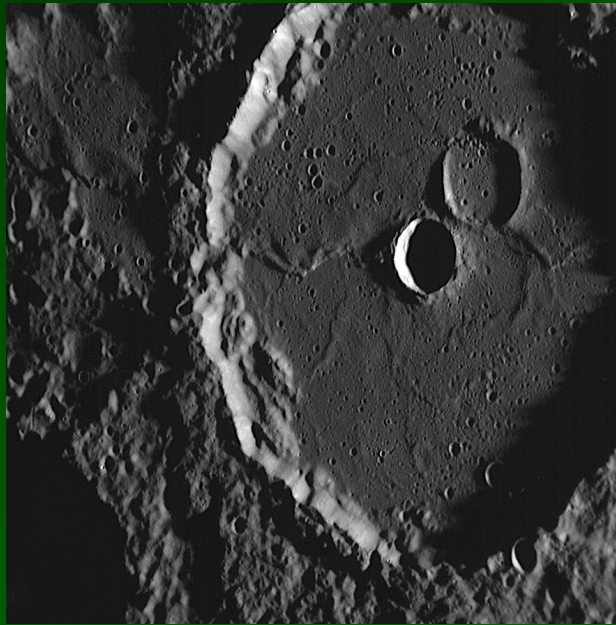
Les roques ígnies i els maqmes al Sistema Solar (I)

4.- Les roques ígnies al planeta Mercuri

MERCURI

Cràter Machaud
Es reconeixen extenses colades de lava a l'interior del cràter, amb les característiques espectroscòpiques del basalt

Messenger, (Oct. 6, 2008)
NASA



NASA (2008) Image ID: 281601main_flyby2_20081007_5_540.jpg

25

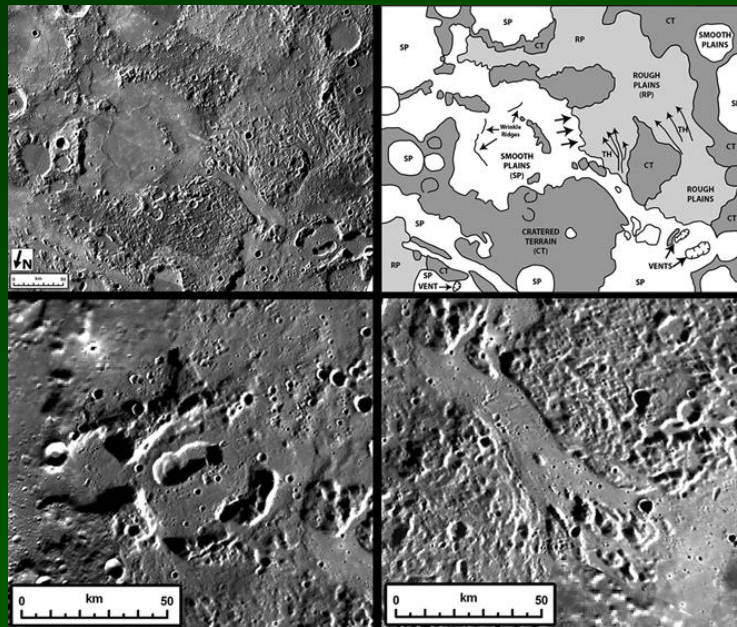
Les roques ígnies i els maqmes al Sistema Solar (I)

4.- Les roques ígnies al planeta Mercuri

MERCURI

Diverses estructures volcàniques que inclouen grans colades de lava i fins i tot edificis volcànics. (Hemisferi Nord)

Messenger, (Sep. 29, 2011)
NASA



NASA (2011) Image ID: PIA14848

26

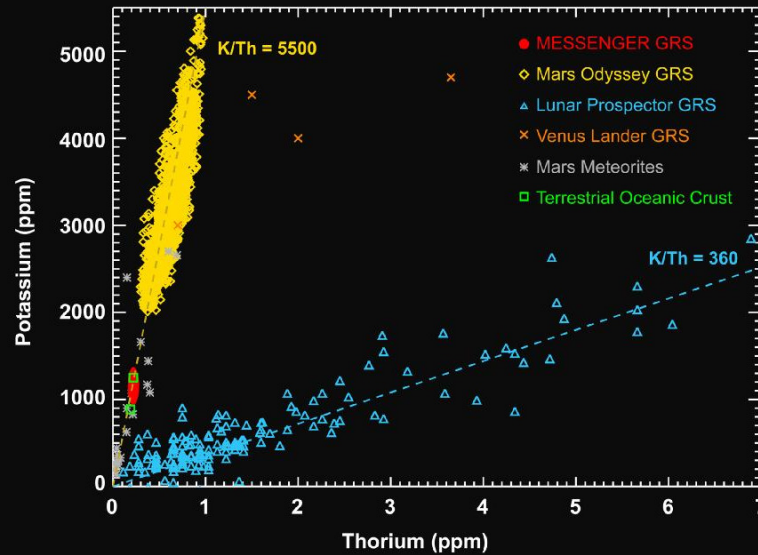
Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

4.- Les roques ígnies al planeta Mercuri

MERCURY

Geoquímica

La figura mostra les relacions K/Th de les roques de la superfície de Mercuri obtingudes per la Missió Mesenger. A diferència de la Lluna, on s'observa un fort empobriment en elements volàtils (p.e. el K) respecte als refractaris (Th), a Mercuri es troben relacions similars a la Terra i als altres planetes terrestres. Això, junt amb la presència de sofre, suggereix que no ha perdut aquests elements en grans impactes catastròfics.



Head (1999-2012)

27

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

Vista global del planeta en colors reals. De mida molt similar a la Terra es troba totalment cobert de núvols en una densa atmosfera amb 96% de CO₂ i 3% de N₂. A la superfície la pressió és d'unes 92 atm terrestres i les temperatures varien entre 446 i 490°C. Els núvols són d'àcid sulfúric però les gotes s'evaporen abans d'arribar a terra.

Mariner 10, (Feb. 5, 1974)
NASA

A la superfície hi ha grans extensions de roques volcàniques.



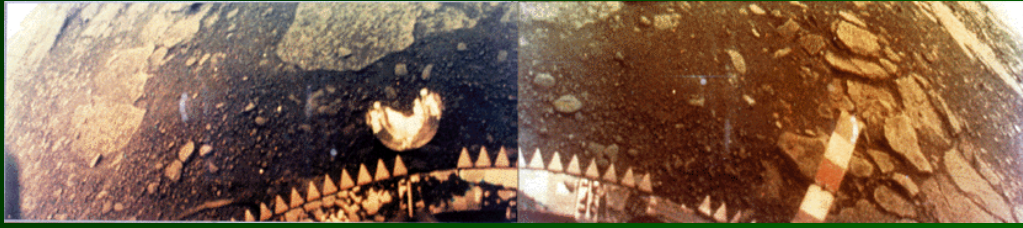
Images processed by Ricardo Nunes (2008)

28

Venus

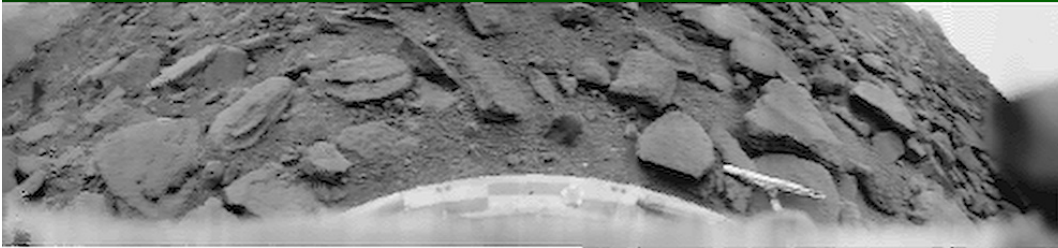
Fotografies de les roques de la superfície del planeta.

Venera-9 i 13 (URSS). NSSDC NASA . (Venera 9: 485°C; 90atm. Venera 13: 457°C; 89atm)



Nasa (2003) Venera-13 (URSS). ID: vg00261, vg00262. 7.5 S, 303. E, east of Phoebe Regio (1/ 3/ 1982)

La composició de la mostra, determinada per fluorescència de raigs-X, se situa entre els gabroids alcalins melanocràtics poc diferenciats (NASA, 1981a).



V14.-Les dades de fluorescència-X indiquen que són similars als basalts toleítics oceànics (NASA, 1981b).

NASA (2003) Venera-9 (URSS). Image ID number: Venera 9 lander processed image (Mitchell, D., 2003). 32 S, 291 E (22/10/75).



Venus Venera-13 (URSS)

Mitchell, D. (2006)

Fotografia de les roques de la superfície (460°C)

Foto re-processada per Don P. Mitchell a partir de les dades originals soviètiques (1 de Març de 1982) en projecció esfèrica a una projecció en perspectiva.

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

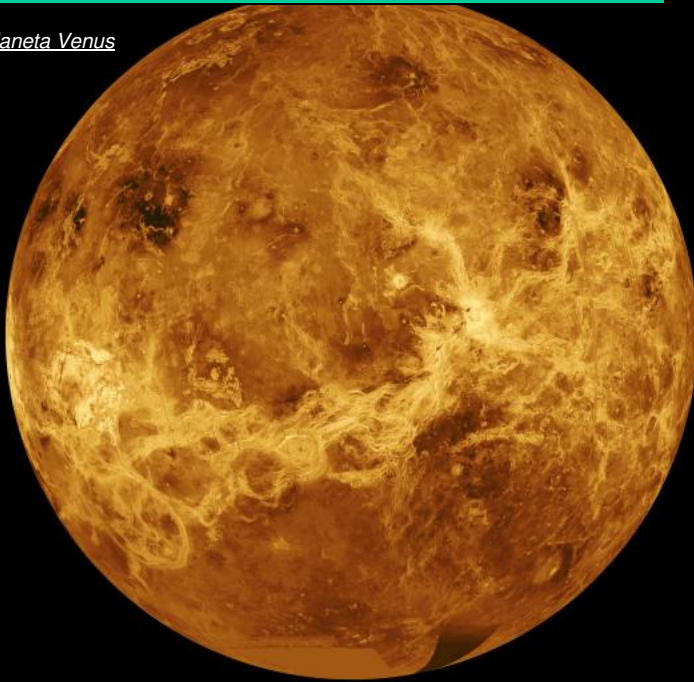
VENUS

Vista global simulada per ordinador, a partir d'imatges obtingudes per radar, centrada a 180° de longitud E.

Magellan (Oct. 29, 1991)
NASA

Els colors s'han adaptat a partir de les fotos de la superfície obtingudes per les naus soviètiques Venera.

Les àrees de colors més clars representen zones elevades (la part central esquerra correspon a Afrodita Terra).

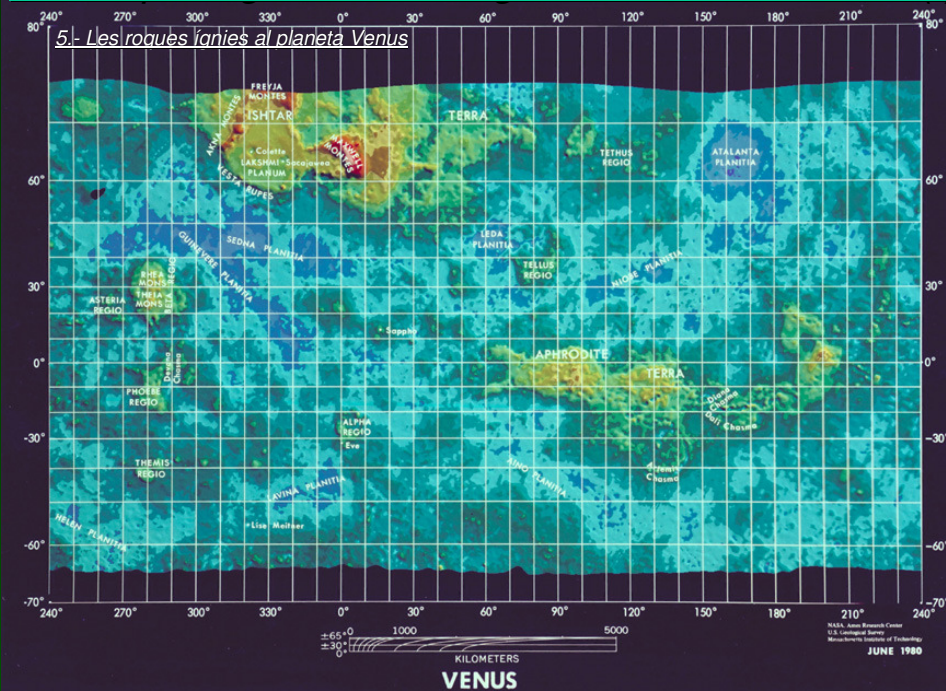


NASA (1996a) Image ID: PIA00104

31

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus



Wikipedia (2010) (from Pioneer Complete Venus Map. NASA). (Explicació a la diapositiva següent)

32

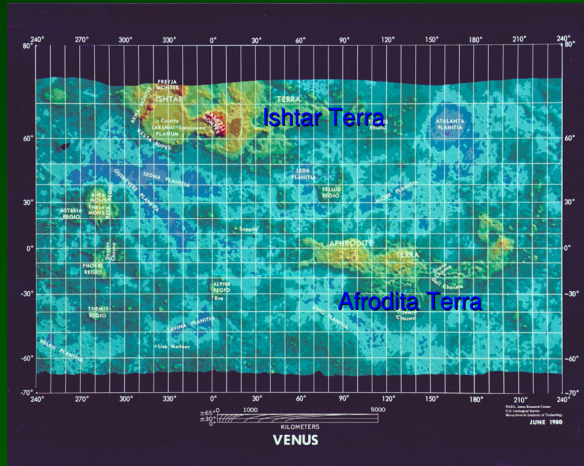
Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

Mapa Topogràfic de Venus (Projecció de Mercator). Els colors blaus mostren les zones deprimides i els grocs i vermells zones progressivament més elevades. Es destaquen dues grans masses d'aspecte continental (Ishtar i Afrodita). En cas de trobar-se en equilibri litostàtic haurien d'estar constituïdes per materials de menor densitat.

Pioneer Venus, (Dec. 4, 1978)
NASA



Maxwell Montes (amb 11.000 m d'altitud, per sobre del diàmetre mitjà del planeta) és la serralada més elevada. Les muntanyes més altes estan recobertes per un material llis, reflectant i conductor de l'electricitat que es creu que és el resultat de la precipitació de neu de galena (PbS) i Bismutinita (Bi_2S_3), o fins i tot, pot ser telur (Te) (Brackett et al., 1995; Otten, 2004)

NASA (1978): Pioneer Venus, (Dec. 4, 1978).

33

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

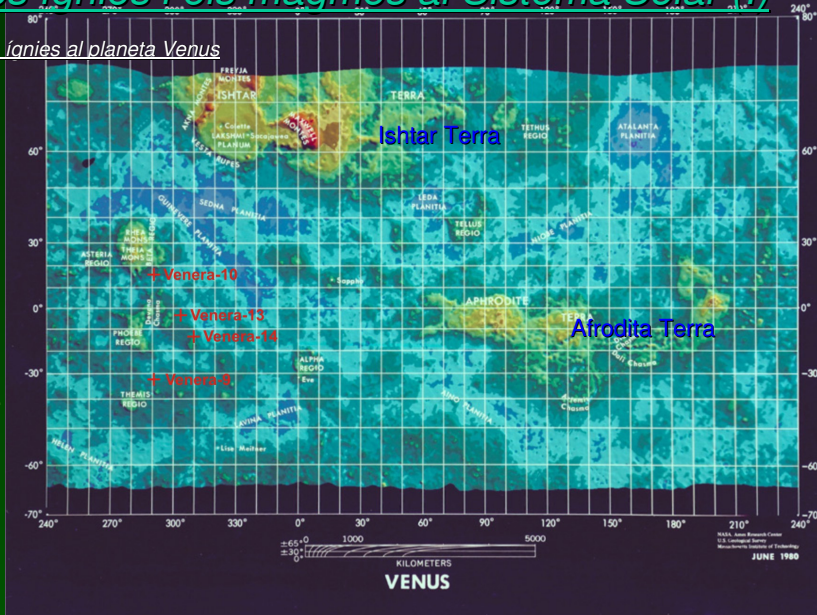
5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

Localització del lloc d'aterratge de les sondes Venera

Composició petrològica de les mostres estudiades per les sondes Venera a la superfície de Venus.

La composició de les roques van ser determinades "in situ" per les sondes Venera 13 i 14 mitjançant un espectròmetre de fluorescència de raigs-X.



- 1) La composició de la mostra del Venera-13 correspon a la d'un gabroide alcalí melanocràtic. (NASA, 1981a)
- 2) En canvi, la del Venera-14 és similar als basalts toleítics oceànics. (NASA, 1981b)

34

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

VOLCANISME

La major part de la superfície de Venus està recoberta de roques volcàniques i el nombre d'estructures volcàniques és varies vegades superior al que es troba a la Terra. La morfologia dels edificis volcànics pot arribar a ser força diferent dels que hi ha a la Terra i en molts d'ells encara es desconeix la seva significació. Hi ha més de 100 volcans de dimensions superficials superiors a Hawaii però que sovint no superen els 1000m d'altura. S'han observat grans calderes, xarxes denses de línies que podrien ser dics, grans doms que semblen haver-se format per acumulació de laves viscoses ("pancake domes" o doms en forma de pastís). Una activitat volcànica recent és bastant probable per la ràpida variació de les concentracions de sofre atmosfèric detectada.

Tot i les elevades temperatures de la superfície, i en contra del que es podria suposar en conseqüència, la litosfera de Venus és força més gruixuda que la de la Terra. Segons Warner (1979) la litosfera de Venus podria ser d'uns 150 km de gruix. Aquest fet es podria derivar d'una concentració d'aigua inferior en el mantell de Venus amb un augment de la temperatura del solidus.

35

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

VOLCANISME (cont.)

Segons Nimmo & McKenzie (1998):

L' ESCORÇA de Venus és de composició basàltica i te uns 30 km de gruix.

El MANTELL és similar al de la Terra i està sotmès a processos convectius que donen lloc a l'ascens de diapirs procedents de zones profundes ("plomalls mantèl·lics").

Les temperatures de la part superior del mantell són similars a les del mantell terrestre (uns 1300°C) però té una viscositat superior ($\sim 10^{20}$ Pa s).

El gruix de la litosfera deu estar limitat entre uns 80 i 200 km.

Moltes de les diferències entre els processos de Venus i la Terra es poden explicar per l'absència d'aigua.

Venus va patir una reconstrucció global de la seva superfície entre 300 i 600 Ma enrera, la causa de la qual encara es desconeix en gran part.

36

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

VOLCANISME

Sachs Patera és una caldera d'enfonsament per buidat d'una cambra magmàtica, de 40 km de longitud màxima i 130 m de profunditat. Es troba situada a 49N i 334E. A la zona N de la caldera es veuen nombroses colades (probablement de molt baixa viscositat) que s'estenen en longituds compreses entre 10 i 25 km.

Magellan, (Nov, 20, 1996)



NASA (1996b) Image ID: PIA00473

37

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

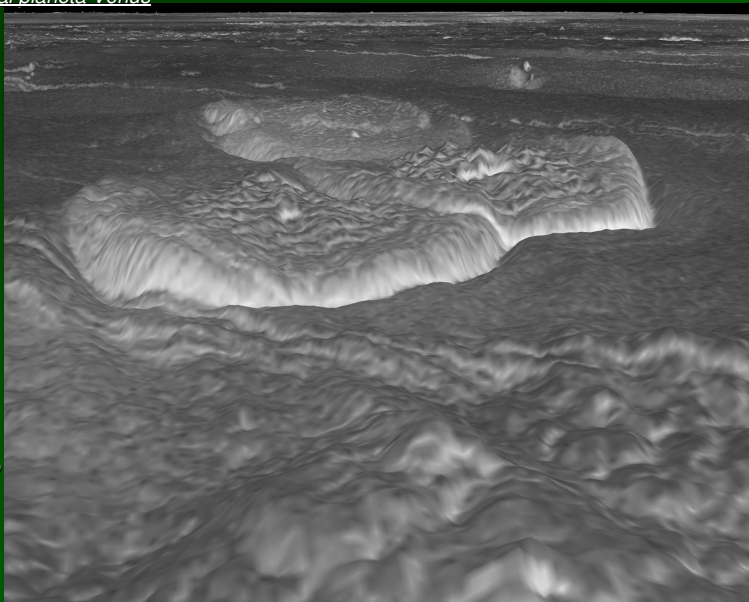
5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

VOLCANISME

Marge oriental de la zona Alfa Regio. Es tracta d'una estructura d'uns 2400 m d'altitud formada per l'associació de 7 estructures dòmiques. El diàmetre mitjà dels doms és d'uns 25 km i uns 750 m d'altura. Les muntanyes semblen haver-se format per l'erupció de gruixudes capes de lava viscosa amb una escorça consolidada, o bé per intrusions molt superficials que van aixecar els nivells externs.

Magellan, (Mar, 13, 1996)



NASA (1996c) Image ID: PIA00246

38

Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

VOLCANISME

Doms volcànics a l'E de la Regió d'Ovda. La imatge, de 90 km de longitud, mostra petits doms volcànics en el flanc del volcà Maat. Els doms volcànics són molt comuns a la superfície de Venus el que posa de manifest que ha hagut una gran activitat volcànica. Les dimensions calculades donen 688 m d'altura i 8.2º de pendent, dimensions molt similars a alguns volcans terrestres.

Magellan, (Nov, 14, 1996)



NASA (1996) Image ID: PIA00487

39

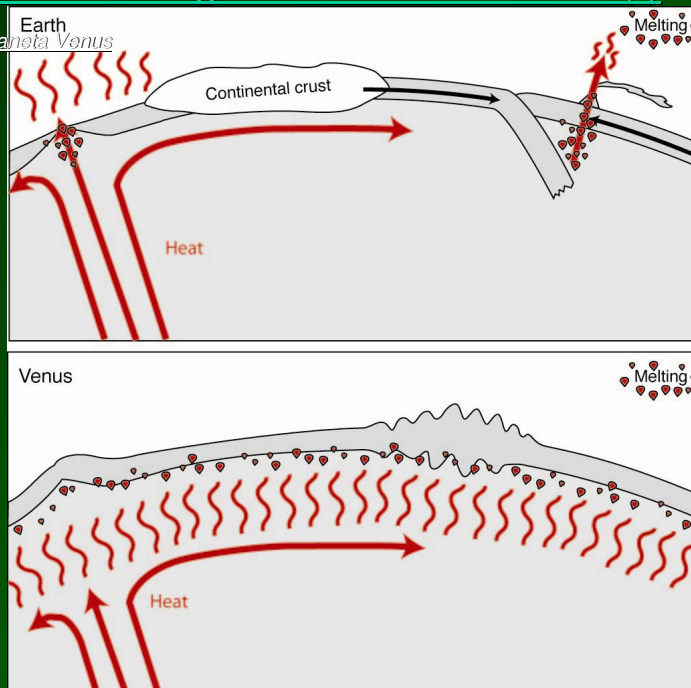
Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

VOLCANISME

A Venus, una litosfera molt gruixuda, calenta i relativament poc densa, no es veu sotmesa a subducció contínua. Es produeix una gran acumulació de calor que fon l'astenosfera en gran part, fent que la litosfera sòlida es trobi en desequilibri i periòdicament es desencadeni una subducció paroxísmica a nivell planetari que pot durar 100 Ma. La darrera sembla haver-se produït fa 500 Ma. (Merk, 2010)



Merk (2010)

40

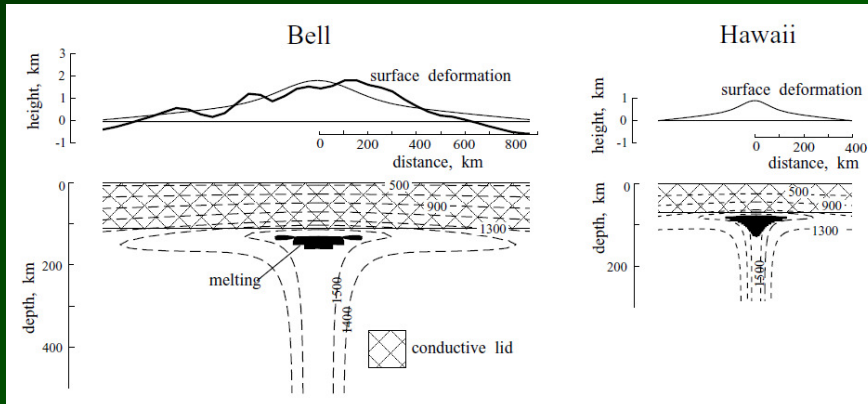
Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

VOLCANISME

La figura representa el diferent gruix de les litosferes a Venus i a la Terra, si bé les seves característiques són similars. No obstant això la tectònica de plaques sembla estar absent a Venus i això s'atribueix a la manca d'aigua al Mantell.



Nimmo & McKenzie (1998)

41

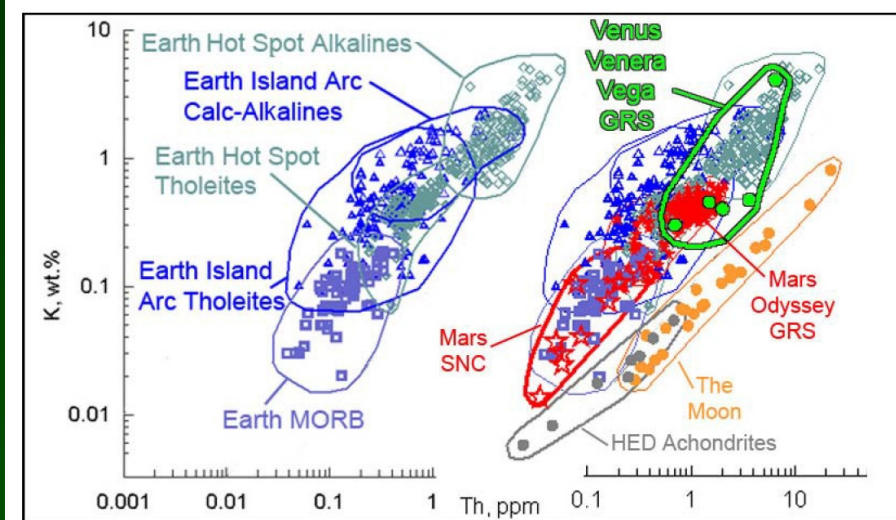
Les roques ígnies i els magmes al Sistema Solar (I)

5.- Les roques ígnies al planeta Venus

VENUS

Geoquímica

Estudi geoquímic comparatiu del K i el Th entre les roques ígnies de Venus (Missió Rusa Venera-Vega) i les Mart i la Terra. Les dades suggerixen de que es tracta de roques basàltiques bastant evolucionades (en un estadi comparable a les dels hot spots i arcs insulars terrestres).



Venera-Vega

Basilevsky et al (2006)

42

Bibliografia

- ANDERSON, D. L. (2002): *The Inner Core of Earth*. PNAS October 29, vol. 99 no. 22 13966-13968
- BOEHLER, R. (1996): *Melting Temperature Of The Earth's Mantle And Core: Earth's Thermal Structure Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 24: 15-40.*
- BRACKETT, R. A., FEGLEY, B., Jr. ARVIDSON, R. E. (1995): *Volatile transport on Venus and implications for surface geochemistry and geology*. J. Geophys. Res., Vol. 100, No. E1, pp. 1553–1563
- COUTARD, C., MALHERBE, J-M, RONDI, T.VEVAUD S. (2011): *Scientific Gallery. Observatoire Midi-Pyrénées / Pic du Midi. Lunette Jean Rösch*.- <http://ljr.bagn.obs-mip.fr/>
- CHEADLE, M., SILVA, K., JERRAM, D., with SPARKS, D., ARNDT, N.T, GEE, M. & NISBET, E.G. (2003): *Komatiite (image 007)*, http://faculty.gg.uwoy.edu/cheadle/#_Rock_Textures. (01/02/03)
- GARNERO, E.J. and HELMBERGER, D.V. (1995): *On seismic resolution of lateral heterogeneity in the Earth's outermost core*. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 88: 117-130.
- HEAD, J.W. (1999-2012): *Messenger, Mercuri surface, space, environment, geochemistry and ranging*. JHU/APL, NASA.
- HERZBERG, C., 1995. *Generation of plume magma through time: an experimental perspective*. Chemical Geology, 126: 1-16.
- KARGEL, J. S., (1990): *Cryomagmatism in the outer solar system*. Ph.D. Thesis Arizona Univ., Tucson.
- LE MAITRE, R.W. (Ed.) (2002). *A classification of Igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommision on The Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University Press. 236 p.
- MERK, J., (2010): *Geol212: Planetary Geology*. Department of Geology. University of Mariland.

43

Bibliografia

- MILLER, G.H., STOLPER, E.M. and AHRENS, T.J. (1991): *The equation of state of a molten komatiite 2: Application to komatiite petrogenesis and the hadean mantle Journal of Geophysical Research, 96(B7): 11849-11864.*
- MITCHELL, D. (2006): *Images of Venus, CS_Venera_Perspective.jpg*. Mental Landscape LLC. Research and Development in Computer Graphics and Server Software. <http://mentallandscape.com>.
- MP (2004): *Moldavite*.- <http://en.wikipedia.org/wiki/Tektite>
- NASA (1981a): *Venera 13. Descent Craft. NSSDC ID: 1981-106D*.
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1981-106D>
- NASA (1981b): *Venera 14. Descent Craft. NSSDC ID: 1981-110D*.
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1981-110D>
- NASA (1996a): *Venus - Computer Simulated Global View Centered at 180 Degrees East Longitude. Image ID: PIA00104. Credit: NASA/JPL*. <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00104>
- NASA (1996b): *Venus - Sachs Patera*. <http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA00473>
- NASA (1996c): *Venus – Alfa Regio*. <http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA00246>
- NASA (1996d): *Venus – Ovda Regio*. <http://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA00487>
- NASA (2003): *Image ID number: Venera 9 lander processed image. NSSDC Data Set ID (Photo): 75-050D-01A (Image from Don P. Mitchell)*.
http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/object_page/v09_lander_proc.html
- NASA (2003): *Venera 13 Lander, VG00261,262. NSSDC*.
http://nssdc.gsfc.nasa.gov/imgcat/html/object_page/v13_vg261_262.html

44

Bibliografia

- NASA (2006): *PIA07800. Enceladus the Storyteller (10/3/2006)*. NASA/JPL/Space Science Institute
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/pia07800>
- NASA (2007): *PIA08386. Jet Blue (11/10/2007)*. NASA/JPL/Space Science Institute.
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/pia08386>
- NASA (2008): *Image ID: PIA11245_modest.jpg. Mercury as Never Seen Before. Image Credit: Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington (2008-10-07)*.
http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpegMod/PIA11245_modest.jpg
- NASA (2008): *Machaud Crater. Mercury. Image ID: 281601main_flyby2_20081007_5_540.jpg*.
http://www.nasa.gov/mission_pages/messenger/multimedia/flyby2_20081007_5.html. (2008-10-07).
- NASA (2010): *Image ID: terrest_int.jpg. Terrestrial Planet Interiors. Solar System Exploration*.
http://sse.jpl.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=168. (Last Updated: 22 Sep 2010).
- NASA (2011): *Photojournal. Jet Propulsion Laboratory (JPL). California Institute of Technology*.
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/index.html>
- NASA (2011): *Spectacular Volcanic Features on Mercury. Image ID: PIA14848_modest.jpg. Image Credit: Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory*. <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA14848> (2011-09-29).
- NIMMO, F. & McKENZIE, D. (1998): *Volcanism and tectonics on Venus*. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 1998, 26:23–51.
- NUNES, R. (2008) *Ricardo Nunes Astronomy Page. Venus Images. Image identification: mosaic_rgb2.jpg*.
http://www.astrosurf.com/nunes/explor/explor_m10.htm.
http://www.astrosurf.com/nunes/explor/mariner10/venus/mosaic_rgb2.jpg

45

Bibliografia

- OTTEN, C.J. (2004): *"Heavy metal" snow on Venus is lead sulfide*. *Newsroom*, p. 633. Washington University in St. Louis.
- NASA (1978) *Pioner Venus (en Wikipedia, 2010)*.
- RAAB, H. (2007): *Suevite.jpg*. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Suevite.jpg>;
<http://de.wikipedia.org/wiki/Benutzer:Vesta>
- SHADDACK (2009): *13 February 2009*. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Trinitite-detail2.jpg>
- SPRAGUE A. L., KOZLOWSKI, R. W.H. & WITTEBORN, F. C. (1994): *Mercury: evidence for anorthosite and basalt from mid-infrared (7.3-13.5 micron) spectroscopy*. *ICARUS* 109, 156-157,
- STIXRUDE, L. & COHEN R.E., (1995): *"High-Pressure Elasticity of Iron and Anisotropy of Earth's Inner Core," Science* 267, 1972-75
- SUN, N. (2008). *Magma in Earth's Lower Mantle: first principle molecular dynamics simulations of silicate liquids*. *Ph Thesis. Univ. Michigan*. 83 p.
- WARNER, J. L. (1979): *Litosphere of Venus*. *Lunar and Planetary Science X*, p. 1295-1297. Abstract

46

Bibliografia

WIKIPEDIA (2010): *Venus_map_with_labels.jpg* (from Pioneer Complete Venus Map). Credits: NASA Ames Research Center, U.S Geological Survey and Massachusetts Institute of Technology. http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Venus_map_with_labels.jpg. (Versió actualitzada: 12:51, 13. Sep. 2010).

WILSON, G. (2011): Turnstone Geological Services Limited. Campbellford, Ontario, Canada. <http://www.turnstone.ca>

WILSON, L. & HEAD, J. W. (1999). Cryomagmatism : processes of generation, ascent and eruption and application to Europa. *Lunar and Planetary Science*, 30 (1689).