

A NEW SCENARIO FOR THE ORIGIN OF THE SOLAR SYSTEM

Alan P. Boss

Department of Terrestrial Magnetism, Carnegie Institution of Washington, 5241 Broad Branch Road, NW, Washington, DC 20015-1305 (USA) e-mail: boss@dtm.ciw.edu

The conventional viewpoint is that the Solar System formed in a quiescent region of low-mass star formation, similar to the Taurus star-forming region. The terrestrial planets and cores of the giant planets are thought to have formed by the slow process of collisional accumulation of solid bodies, starting from micron-sized dust grains, and ending with collisions between planetary-sized bodies. However, this appealing scenario has been challenged by observations of planetary systems outside our Solar System, which seem to show that gas giant planets are much more common than might be expected to be the case, based on the conventional explanation for the formation of the Solar System.

Recently a radical new suggestion for Solar System formation has been advanced, based on formation in a region of high-mass star formation, similar to Orion. This scenario provides a novel explanation for the formation of the ice giant planets, Uranus and Neptune. A gravitationally-unstable protoplanetary disk forms four giant gaseous protoplanets within about 1000 years, while dust grains coagulate and sediment to their centers, forming solid cores. The disk gas beyond Jupiter's orbit is removed in about a million years by extreme ultraviolet (EUV) radiation from a nearby massive star, exposing the outermost protoplanets to EUV radiation, photoevaporating most of their gas in another million years, and leading to 15-Earth-mass cores with thin gas envelopes, i.e., ice giant planets. The protoplanets orbiting inside Saturn's orbit retain their gas envelopes and become gas giants. This scenario implies that comets were subjected to a lengthy period of intense EUV irradiation, leading to photochemical production of surficial organic molecules (tholins), i.e., prebiotic chemicals. Because most stars are thought to form in Orion-like regions, this scenario would also imply that planetary systems similar to our own may be commonplace in the galaxy.

ROLE OF RESONANCES IN THE DYNAMICS OF ASTEROIDS NEAR THE MAIN-BELT OUTER EDGE

R. M. Benito⁽¹⁾, F. Borondo⁽²⁾, J. C. Losada⁽¹⁾ & E. Velasco⁽³⁾

(1) Departamento de Física y Mecánica, E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid (España); e-mail: rbenito@fis.etsia.upm.es

(2) Departamento de Química, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid (España); e-mail: f.borondo@uam.es

(3) Departamento de Física de la Materia Condensada, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid (España); e-mail: enrique.velasco@uam.es

Main-belt asteroidal dynamics has received much attention recently, not only because of its intrinsic interest as an example of a strongly chaotic situation dominated by resonances¹, but also because of its implications on the elucidation of the origin, structure and evolution of the solar system. In this contribution we analyse the trajectories of a test particle initially located near the outer edge of the main asteroid belt within the context of the 3D elliptic restricted three-body problem. Similarly to what was found by Milani et al.², we find that resonances play an important role in the dynamics of such asteroids, in the sense that diffusion of test particles toward the orbit of Jupiter takes place rather rapidly (a few thousand orbits) in a sequence of events in which the asteroids remain temporarily trapped in the vicinity of resonant regions. This dynamics is best understood in the context of phase space using the ideas of nonlinear dynamics or chaos theory³, where the celebrated Kolmogorov-Arnold-Moser (KAM) theorem plays a key role in the understanding of the destruction of regular quasiperiodic orbits as the jovian perturbation is introduced. The KAM theorem establishes that although many trajectories become chaotic, others are only simply perturbed, this effect imposing a structure that governs the global diffusion of trajectories in phase space. In this sense, two-dimensional systems can be adequately explored using Poincaré surfaces of section, a tool that maps high-dimensional trajectories into two dimensional plots. In systems with three or more degrees of freedom this procedure becomes impractical, and a feasible alternative, based on the computation of the main frequencies of the system, has been recently proposed by Laskar⁴ in his study of the stability of the solar system. In the present work we apply Laskar's frequency map analysis to study the phase space structure controlling the dynamics in the outer edge of the main asteroid belt.

¹ S. Ferraz-Mello, *Celest. Mech. Dyn. Astron.* **73**, 25 (1999).

² A. Milani, M. Carpino, G. Hahn y A. M. Nobili, *Icarus* **78**, 212 (1989).

³ A.J. Lichtenberg and M.A. Lieberman, *Regular and Stochastic Motion* (Springer-Verlag, New York, 1983).

⁴ J. Laskar, *Icarus* **88**, 266 (1990).

THE POPULATION OF NEAR EARTH ASTEROIDS IN THE 1:1 MEAN MOTION RESONANCE WITH THE EARTH

M.H.M. Morais⁽¹⁾ & A. Morbidelli⁽²⁾

(1) Lisboa, Portugal

(2) Nice, France

The solar system small bodies that have orbits with perihelion inside 1.3 AU and aphelion outside 0.983 AU are called Near Earth Objects (NEOs). These can be asteroids, in which case they are called Near Earth Asteroids (NEAs), or either active or extinct comets. NEOs have very chaotic orbits as they can experience several close approaches (and eventually a collision) with the inner planets. There is evidence of several impacts from NEOs on the Earth's surface. In particular, it is thought that the extinction of the dinosaurs that occurred about 65 million years ago was caused by an impact of one of such objects with about 10 Km in diameter.

A model for the size and orbital distribution of NEAs has been recently developed (Bottke et al. 2000). This is based on 2 assumptions: 1) the NEA population is being supplied in a steady-state by certain sources in the main belt; 2) the size distribution obeys a single parameter (source-independent) law. The orbital evolution of thousands of test bodies initially located at the various main belt sources is then followed as they become NEAs. The size and orbital distribution of NEAs is then obtained by comparison between the statistics of the simulations and the available data corrected for the observational biases.

This NEA model seems to be in excellent agreement with the observations within semi-major axis 2.5 AU, a region where the contribution from the comets is negligible (Bottke et al 2002). However, this model still cannot provide us with information about the sub-populations of NEAs that have very special orbital configurations. This is the case of the objects with semi-major axes near 1 AU that are temporarily trapped in the 1:1 mean motion resonance with the Earth as for example the recently discovered NEA (3753) Cruithne (Wiegert et al. 1998).

Therefore, we refined the NEA model in order to obtain the size and orbital distribution of the NEAs that are expected to be in the 1:1 mean motion resonance with the Earth. We predict that the number of such objects with diameters larger than 1.1Km and 170 meters is 0.65 ± 0.12 and 16.3 ± 3.0 , respectively, i.e. this sub-population represents about 0.1% of the total population of NEAs. Finally, we mapped the distribution of these objects in the sky and found out that they are spread over a wide sky area and spend most of their time away from opposition which poses difficulties for observational searches. This work is described in more detail in Morais & Morbidelli (2002).

This work has been financed by grant SFRH/BPD/1586/2000 awarded by FCT (the portuguese foundation for science and technology)"

References:

Bottke, W.F., R. Jedicke, A. Morbidelli, J.M. Petit and B. Gladman 2000. Understanding the distribution of Near-Earth Asteroids. *Science*, 288, 2190-2194.

Bottke, W.F., A. Morbidelli, R. Jedicke, J.M. Petit, H. Levison, P. Michel and T. Metcalfe 2002. De-biased orbital and size distribution of the Near-Earth Objects. *Icarus*, 156, 399-433.

Wiegert P.A. & K.A. Innanen 1998. An asteroidal companion to the Earth. *Nature*, 387, 685-686.

Morais, M.H.M. & A. Morbidelli 2002. The population of Near Earth Asteroids in co-orbital motion with the Earth. *Icarus*, in press.

VOLCANISMO EXPLOSIVO EN EL SISTEMA SOLAR: MECANISMOS ERUPTIVOS Y DEPÓSITOS ASOCIADOS.

J. A. Rodríguez -Losada

Departamento de Edafología y Geología. Facultad de Biología. Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n. Universidad de La Laguna. 38206 La Laguna. S/C de Tenerife (España) e-mail: jrlosada@ull.es

En este trabajo, se analizan las posibles dinámicas de las erupciones explosivas en la Tierra y en otros cuerpos planetarios del Sistema Solar. La interrelación de factores como son la gravedad superficial, la presión atmosférica, la concentración de volátiles y las condiciones de presión y geometría en el conducto volcánico, tiene una influencia decisiva en las condiciones de expansión de la mezcla de gases y piroclastos, condicionando, no solo el tipo de columna eruptiva, sino el de los depósitos asociados. En este sentido cabe diferenciar dos estados de expansión a la salida del conducto: a) Expansión completa y b) Expansión incompleta o sobrepresión. Estas condiciones pueden evolucionar una en otra con los cambios producidos en la geometría del conjunto (chimenea y cráter).

En la primera de las dos situaciones definidas, se alcanza la máxima eficiencia del chorro eruptivo, disminuyendo ésta, en el caso de la expansión incompleta. En las situaciones de expansión completa, se producen en las erupciones terrestres columnas plinianas que alcanzan altitudes estratosféricas originando grandes extensiones de depósitos de lluvia piroclástica (“ash fall”). En IO, único satélite del Sistema Solar en el que se han observado columnas eruptivas en proceso, este tipo de situación origina los grandes penachos en forma de paraguas, los cuales dan lugar a un tipo especial de depósitos de lluvia piroclástica en forma de halos circulares de gran extensión superficial (tipo Pele, de 1000 a 1500 km) o de extensión más moderada (tipo Prometheus < 500 km) en torno al centro eruptivo.

En las situaciones de expansión incompleta o sobrepresión, el desarrollo y propagación en el interior del fluido volcánico, de ondas de choque, provoca una menor eficiencia del chorro eruptivo. En la Tierra, esto trae como consecuencia la génesis de erupciones vulcanianas o peleanas, con colapsos parciales o totales de la columna eruptiva, produciéndose depósitos de colada piroclástica (“ash flows” o ignimbritas) con nubes ardientes acompañantes y depósitos de oleada piroclástica (“base surge deposits”). En general, las morfologías tanto de los penachos eruptivos como de los depósitos originados son más complejas e irregulares que en el caso anterior. Así, los penachos difusos e irregulares tipo Loki, observados en IO, pueden haberse formado bajo este tipo de condición.

En la Luna, los depósitos asociados a explosividad más o menos moderada son los conos de cinder, estructuras volcánicas rodeadas por depósitos cineríticos (“Dark Halo Craters”) y los mantos oscuros lunares (“Dark Mantling Deposits”), probablemente derivados de un tipo de actividad eruptiva equivalente a la de las erupciones estrombolianas terrestres.

En Mercurio y Marte, se han identificado posibles depósitos piroclásticos y estructuras asociadas a volcanismo explosivo. Este es el caso de los mantos piroclásticos identificados en el cráter Homer (Mercurio), Apollinaris patera (Marte), Hellas mounds (Marte) o Tyrrhena patera (Marte).

En Venus, debido a la elevada presión atmosférica, no resultan factibles las manifestaciones volcánicas explosivas. No obstante, en casos en los que una excesiva concentración local de volátiles supere el umbral necesario para la expansión explosiva de los mismos, se pueden originar columnas eruptivas de muy escaso desarrollo vertical, generalmente a partir de colapsos parciales de domos volcánicos activos con formación de depósitos de coladas piroclástica (“ash-flows”), como en el caso identificado de Sapas Mons, edificio volcánico con unas dimensiones de 120 por 1.5 km.

Más allá de la órbita de Marte, ya en los dominios del criovolcanismo, en algunos satélites helados, como en el caso de Europa, con un manto subcortical de agua líquida cubierta por una corteza, mayoritariamente formada por hielo de agua, se puede suponer la existencia de erupciones explosivas, con la incógnita de cuál o cuáles son los volátiles desencadenantes de dicha actividad y cuáles son los mecanismos de interacción agua/hielo en este tipo de criovolcanismo. En otros casos, como Tritón, dominado por una superficie sólida de nitrógeno, metano y probablemente algo de hielo de agua, la actividad criovolcánica explosiva, parece tener una causa externa, como es el calentamiento solar estacional. Aquí, la sublimación del metano y el nitrógeno puede desencadenar la expansión explosiva de los mismos, provocando la emisión de chorros eruptivos tipo geyser de nitrógeno y metano líquidos. Este tipo de actividad ha sido identificado gracias a la sonda Voyager, en la forma de chorros de hasta 8 km de altura, con depósitos crioclásticos oscuros alargados hasta 150 km hacia sotavento.

CAN THE PERIOD OF LUNAR MARE VOLCANISM BE EXTENDED?

Vera Assis Fernandes

Dept. Earth Sciences, University of Manchester, Oxford Road, Manchester M13 9PL (UK)

Recent age determination of lunar meteorite Northwest Africa 032 (NWA032) and of basaltic samples collected by the Luna 24 mission samples have extended the period of lunar volcanism from ~650 Ma to ~ 1000 Ma. NWA032 was extruded at ~2.8 Ga, making it one of the youngest lunar basalts ever analysed. Mare lava extrusions within the Mare Crisium may have occurred for a period of at least ~800 Ma. The continued use of lunar meteorites found on Earth deserts (e.g. Sahara and Antarctica) has the potential of giving new (and possibly improved) insights of the lunar bulk chemistry and ages of volcanism on the Moon as well as the extent of bombardment of the lunar surface. Despite the unknown provenance of this type of sample, they have shown to be an important complement to the samples collected by the Apollo and Luna missions and impose less sampling bias.

MARS-EARTH CONNECTION

K. Marti

University of California, San Diego; Department of Chemistry (0317); 9500 Gilman Drive, La Jolla, California 92093-0317, USA; e-mail: kmarti@ucsd.edu

The combined information from spacecraft missions to Mars and laboratory studies on SNC meteorites from Mars permits an initial assessment of the evolution of the planet when compared to Earth. Significant constraints on the accretional histories and early differentiation, as well as core formation, are obtained from the extinct radionuclides ^{146}Sm , ^{182}Hf and ^{244}Pu . The evolution of volatiles in the Martian mantle is constrained by the Xe isotopic characteristics observed in SNC meteorites. Significant information is provided by the identification of interior reservoirs in meteorites, and the records of fission xenon suggest magmatic differentiation under closed system conditions. There is presently no evidence for plate tectonics and mantle convection on Mars and the data suggest a static planet for most of its history. ^{40}Ar in their atmospheres provides clues to the outgassing histories of both planets, and Mars contrasts with the Earth where the much higher ^{40}Ar atmospheric content results from extensive and continuous outgassing of the upper mantle through geological time. We can model the large-scale early degassing episode and differentiation of Mars.

PROCESOS DE ACRECIÓN Y DE DIFERENCIACIÓN EN LA TIERRA

J. López-Ruiz

Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Madrid

La Tierra es un planeta dinámico, con una activa convección en el manto. Su dimensión y la muy baja conductividad térmica de las rocas que la integran han impedido que el calor acumulado en su interior escape rápidamente. Como consecuencia, ha experimentado desde su origen una serie de procesos de diferenciación, que han dado lugar a la generación de reservorios y sub-reservorios de diferente entidad, que han modificado profundamente su composición inicial.

Para poder establecer precisiones sobre los procesos de acreción y de diferenciación, es necesario conocer una serie de parámetros iniciales tanto de la Tierra en su conjunto como del manto primitivo o indiferenciado (esto es, de la porción silicatada después de la separación del núcleo). Para obtener estos parámetros es necesario recurrir a la información que nos suministran los meteoritos y las rocas volcánicas de diferente edad que afloran en superficie, así como a los enclaves de composición peridotítica que engloban algunas de ellas, y tener en cuenta las propiedades físicas obtenidas por métodos geofísicos tanto de las porciones silicatadas como metálicas del planeta.

El primer parámetro que debemos fijar es la edad de la Tierra. Como es imposible obtener una roca que sea representativa de la Tierra en su conjunto, lo que usualmente se considera como edad de la Tierra es la edad de los meteoritos, lo que implica asumir que nuestro planeta y los cuerpos de los que proceden los meteoritos se formaron al mismo tiempo. Desde el clásico trabajo de Patterson (1956) se acepta que este parámetro es 4.55 Ga. Mas recientemente el refinado y/o el desarrollo de nuevos sistemas isotópicos han permitido datar una serie de eventos que han sido críticos en el complejo proceso de generación de la Tierra. Así por ejemplo los sistemas U-Pb y Hf-W han sido utilizados para datar la formación del núcleo; el sistema I-Pu-U-Xe sumistra información sobre la edad de la atmósfera, y el sistema Sm-Nd puede ser utilizado para datar la formación de la primera corteza continental generada.

Como discute Zhang (2002), la interpretación conjunta de los datos que suministran estos sistemas isotópicos sugiere que los procesos de acreción y diferenciación temprana de la Tierra se han podido desarrollar en dos escenarios diferentes. En el primero de ellos la acreción se desarrolló de forma continua y simultánea con la segregación del núcleo hacia los 4.53 Ga. Este proceso continuo solo se vio interrumpido por una serie de impactos (uno de los cuales dió origen a la luna), que no fueron lo suficientemente importantes como para rehomogeneizar la Tierra, salvo el último de ellos (que debió de ocurrir a los ~4.45 Ga) que limpió la atmósfera hasta entonces formada y refundió la corteza generada hasta ese momento. El segundo escenario sugiere que la Tierra había alcanzado el 80%-90% de su masa actual a los 4.45 Ga, momento en el que tuvo lugar un gigantesco impacto con un cuerpo del tamaño de Marte. Como consecuencia de dicho impacto se produjo la rehomogeneización de la Tierra (esto es, la fusión del manto, del núcleo y de la corteza ya existentes, así como la removilización de la atmósfera previamente creada). Subsecuentemente se produjo la segregación de un nuevo núcleo, la desgasificación del manto para generar una nueva atmósfera y la creación de una nueva corteza. En este segundo escenario los 4.45 Ga definen una edad clave en la historia del planeta, ya que representa su renacimiento. En cualquiera de los escenarios, es evidente es que el complejo

proceso de gestación de la Tierra ha requerido un periodo de tiempo del orden de los 70-100 Ma.

En lo que concierne a la composición química del manto primitivo, en los diferentes modelos establecidos (p. ej. Jagoutz et al., 1979, Hart y Zindler, 1986, Allègre et al., 1995, McDonough y Sun, 1995 y O'Neill y Palme, 1998) las abundancias relativas de los elementos litófilos altamente refractarios (esto es, de los elementos que se concentran en las CAI: Be, Al, Ca, Sc, Ti, Sr, Zr, Nb, Ba, tierras raras, Hf, Ta, Th y U) son prácticamente idénticas a las de los diferentes tipos de meteoritos condriticos, lo que implica que el material cósmico que formó la Tierra no experimentó ningún tipo de fraccionación relacionada con la volatilidad, a temperaturas superiores a la de condensación de los silicatos magnésicos y de los metales Fe y Ni. La abundancia absoluta de dichos elementos es ~2.6 veces la de las condritas CI, debido a que estas son muy ricas en volátiles y a que el manto primitivo ha sufrido la sustracción de otros elementos al formarse el núcleo. Los elementos litófilos moderada y altamente litófilos (es decir, los metales alcalinos, los halógenos, B, Mn, Zn y Cd) muestran un empobrecimiento que se relaciona con sus temperaturas de condensación. Finalmente, los elementos siderófilos están empobrecidos en el manto, como consecuencia de su concentración en el núcleo, que es el reservorio de la Tierra en el que dominan estos elementos. Así, la concentración en el manto de los elementos ligeramente siderófilos varía entre 0.8 y 0.2, la de los moderadamente siderófilos entre 0.1 y 0.015, y la de los altamente siderófilos (Re, Au y los elementos del grupo del platino) es de 0.0035, si se normalizan sus abundancias con respecto a Mg y a las condritas CI. Esta distribución “en escalera” resulta difícil de explicar, ya que sus abundancias son demasiado altas para ser consistentes con la extracción en equilibrio de un fundido silicatado a baja presión (1 bar) y moderada temperatura (1200-1600°C). Para explicar esta anomalía algunos autores, encabezados por Wänke (1981), sugirieron la idea de la acreción heterogénea de la Tierra. Según esta hipótesis, los materiales que participaron en las primeras etapas de acreción de la Tierra fueron extremadamente reductores, por lo que hasta que ésta alcanzó el 80%-90% de su masa, los elementos siderófilos se segregaron al núcleo. La materia que generó el 10%-20% siguiente fue más oxidante, por lo que los elementos siderófilos permanecieron en el manto, excepto los más altamente siderófilos que fueron de nuevo segregados al núcleo. Finalmente, el último barniz (~1% de la masa de la Tierra), de composición condritica, fue tan oxidante que todos los elementos siderófilos permanecieron en el manto y no se segregaron al núcleo. Más recientemente, el disponer de coeficientes de reparto a relativamente elevadas temperaturas y presiones de elementos moderada y altamente siderófilos (Righter et al., 1997 y Righter y Drake, 1997) ha permitido sugerir una hipótesis alternativa. Según esta nueva hipótesis (Ver p. ej. Drake, 2000 y Drake y Righter, 2002) la abundancia de estos elementos en el manto se originó por la solidificación de un océano magmático, en condiciones de alta presión y alta temperatura. La ausencia de fraccionación, puesta de manifiesto por las abundancias relativas de los elementos refractarios, es consecuencia del elevado contraste de densidad de los minerales liquidus y de la fase metal en el magma y de la inmiscibilidad de las fases silicatada y metal, responsable de la acumulación de esta última en la base del océano magmático, antes de penetrar diapíricamente en el núcleo.

Culminada la generación de la Tierra, la combinación de procesos que se producen en el manto primitivo, como consecuencia de la dinámica que se establece, contribuyen a la generación de dominios o sub-reservorios con diferentes caracteres geoquímicos. Las recopilaciones isotópicas de basaltos de dorsales e islas oceánicas llevadas a cabo por numerosos autores en los últimos treinta años, permiten evaluar la magnitud de estas heterogeneidades. Como los magmas que dan lugar a estos basaltos no interactúan con la corteza continental durante su ascenso, se

asume que heredan la signatura isotópica de la fuente de la que proceden. La dispersión que exhiben los basaltos oceánicos en el espacio isotópico Sr-Nd-Pb sugiere que el manto está compuesto al menos por cuatro sub-reservorios, a los que, siguiendo la terminología de Zindler y Hart (1986), se les denomina DM, HIMU, EM1 y EM2. El sub-reservorio DM se caracteriza por unas relativamente bajas relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (< 0.704) y altas de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (> 0.5128); el HIMU es altamente radiogénico en Pb ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > 19.5$), de ahí su nombre [elevado μ ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$)], pero no tiene elevadas relaciones de Sr (sus valores son inferiores a 0.7035) ni de Nd (~ 0.5128 - 0.5129); el EM1 está enriquecido en Sr radiogénico, pero empobrecido en Nd y Pb radiogénicos, y, finalmente, el EM2 exhibe relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.7065$ y valores isotópicos de Nd y Pb intermedios entre los dos últimos sub-reservorios. En lo que concierne a la abundancia en elementos traza (Weaver, 1991), el componente DM está empobrecido en elementos incompatibles de elevado radio iónico y baja carga, el HIMU está enriquecido en elementos de elevado potencial iónico, el EM1 presenta altas relaciones entre elementos de elevado radio y de elevado potencial iónico, así como entre tierras raras ligeras y elementos de elevado potencial iónico, y muestra un característico enriquecimiento en Ba frente a otros elementos de elevado radio iónico, y el EM2 exhibe relaciones entre tierras raras ligeras y elementos de elevado potencial iónico, así como entre elementos de elevado radio y elevado potencial iónico, significativamente más altas que las del componente HIMU, pero más bajas que el componente EM1.

La idea más ampliamente aceptada sobre el origen de estos sub-reservorios (Ver p. ej. Wood, 1979 y Weaver, 1991) es que el DM representa el residuo que resulta de un manto primordial que ha sufrido una pequeña tasa de fusión. Las más bajas relaciones isotópicas de Sr y más altas de Nd de este componente con respecto a las de la Tierra en su conjunto, indican que la extracción de este fundido ocurrió en los primeros momentos de la historia del planeta, por lo que se supone que está relacionado con la formación de la atmósfera y la primera corteza. A su vez, el componente HIMU se puede explicar por un proceso de deshidratación ($\sim 3\%$) de corteza oceánica alterada, y los componentes EM1 y EM2 resultan de la mezcla de componente HIMU con un pequeño porcentaje ($\sim 3\%$) de sedimentos pelágicos y terrígenos antiguos (1500-2000 Ma) previamente deshidratados ($\sim 6\%$), con altas relaciones entre elementos de elevado radio y elevado potencial iónico, así como entre tierras raras ligeras y elementos de elevado potencial iónico.

Todavía no se conoce con precisión la escala de algunos de estos sub-reservorios ni su localización en el manto. No obstante, todos los autores aceptan que el componente DM, que representa por lo menos el 50% del manto, corresponde a la astenosfera. Los otros componentes, que representan entre el 5% y el 20% del manto, se localizan debajo del sub-reservorio DM, probablemente en el límite entre el manto y el núcleo (capa D''), y ascienden hacia zonas más superficiales como plumas. La relativa homogeneidad del componente DM sugiere que la agitación térmica en el manto superior es mucho mayor que en el manto inferior, si bien no se debe descartar la hipótesis de que el alto grado de fusión que requieren los basaltos centro-oceánicos puede difuminar las posibles heterogeneidades existentes. A su vez, la persistencia de los componentes HIMU, EM1 y EM2 durante un tiempo estimado de 1-2 Ga, puede ser debido a la poca eficacia de la convección en el manto inferior, como consecuencia de su alta viscosidad (Davies, 1999), o bien a la segregación gravitacional a la capa D'' de corteza oceánica subducida y transformada, como primero propusieron Hofmann y White (1982) y posteriormente cuantificaron Christensen y Hofmann (1994).

Referencias

- Allègre, C. J., Poirier, J.-P., Humler, E. y Hofmann, A. W. (1995). The chemical composition of the Earth. *Earth Planet. Sci. Letters*, 134, 515-526.
- Christensen, U. R. y Hofmann, A. W. (1994). Segregation of subducted oceanic crust in the convecting mantle. *J. Geophys. Res.*, 99, 19867-19884.
- Drake, M. J. (2000). Accretion and primary differentiation of the Earth: A personal journey. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, 2363-2370.
- Drake, M. J. y Righter, K. (2002). Determining the composition of the Earth. *Nature*, 416, 39-44.
- Jagoutz, E., Palme, H., Baddenhausen, H., Blum, K., Cendales, M., Dreibus, G., Spettel, V., Lorenz, V. y Wänke, H. (1979). The abundances of major, minor and trace elements in the Earth's mantle as derived from primitive ultramafic nodules. *Proc. 10th Lunar Planet. Sci. Conf.* 2031-2050.
- Hart, S. H. y Zindler, A. (1986). In search of a bulk-Earth composition. *Chem. Geol.*, 57, 247-267.
- Hofmann, A. W. y White, W. M. (1982). Mantle plumes from ancient oceanic crust. *Earth Planet. Sci. Letters*, 57, 421-436.
- McDonough, W. F. y Sun, S.-s. (1995). The composition of the Earth. *Chem. Geol.*, 120, 223-253.
- O'Neill, H. C. y Palme, H. (1998). Composition on the Silicate Earth: Implications for accretion and core formation. In *The Earth's mantle. Composition, structure, and evolution* (I. Jackson, edit.). Cambridge Univ. Press, 3-126.
- Patterson, C. (1956). Age of meteorites and the earth. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 10, 230-237.
- Righter, K. y Drake, M. J. (1997). Metal-silicate equilibrium in a homogeneously accreting earth: new results for Re. *Earth Planet. Sci. Letters*, 146, 541-553.
- Righter, K., Drake, M. J. y Yaxley, G. (1997). Prediction of siderophile element metal-silicate partition coefficients to 20 GPa and 2800°C: the effects of pressure, temperature, oxygen fugacity, and silicate and metallic melt compositions. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 100, 115-134.
- Wänke, H. (1981). Constitution of terrestrial planets. *Phil. Trans. R. Soc. London*, 303, 287-302.
- Weaver, B. L. (1991). The origin of ocean island basalt end-member composition: trace element and isotopic constraints. *Earth Planet. Sci. Letters*, 104, 381-397.
- Wood, D. A. (1979). A variably veined suboceanic upper mantle. Genetic significance for mid-oceanic ridge basalt from geochemical evidence. *Geology*, 7, 499-503.
- Zhang, Y. (2002). The age and accretion of the earth. *Earth Sci. Rev.* (en prensa).
- Zindler, A. y Hart, S. (1986). Chemical Geodynamics. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 14, 493-571.

DEXTRAL SHEAR DEFORMATION BELT ON SOUTHERN MARGIN OF EASTERN OVDA REGIO, VENUS: GEODYNAMIC IMPLICATIONS.

I. Romeo⁽¹⁾, R. Capote⁽¹⁾ & F. Anguita⁽²⁾

⁽¹⁾ Facultad de Ciencias Geológicas, Univ. Complutense de Madrid, 28040 Madrid (España). Departamento de Geodinámica. e-mail: iromeobr@geo.ucm.es , capote@geo.ucm.es.

⁽²⁾ Facultad de Ciencias Geológicas, Univ. Complutense de Madrid, 28040 Madrid (España). Departamento de Petrología y Geoquímica. e-mail: anguita@geo.ucm.es.

Crustal plateaus are one of the most important element in Venus surface, and the study of this kind of unit is essential for understanding the geological evolution before the global resurfacing event. These regions are flat topped highlands formed of tessera terrain, characterized by superposition of crosscutting structures (1). There are two principal and opposite hypothesis explaining the crustal plateaus origin. One of them advocates a mantle downwelling process as the driving mechanism, producing regional contractional tectonism (2), but some other authors point out that crustal plateau formation is controlled by mantle upwelling (hot spot model) (3). The greatest crustal plateau is Ovda Regio, with three major structures, folds, ribbons and grabens, and a history of contractional and extensional tectonic stages which understanding is highly significant for getting a genetic model. Strike-Slip tectonism has not been described in Ovda Regio, though it has been found in other areas of Aphrodite Terra (4) and Ishtar Terra (5). In this paper we describe a zone with strike-slip faults at Ovda Regio's southern margin and discuss its relations with regional tectonism there.

A detailed mapping of southern margin of Ovda Regio, between 78°-86° E longitude and 6°-16° S latitude, based on F-BIDR radar images, has provided significant relative chronological succession of volcanic and tectonic events. We have found a complex deformation domain formed by two different elongated belts, trending N100-110°, and surrounding a central zone characterized by cross structures with a basin and dome structural pattern. The northern internal deformation belt (200 km width) develops a set of *en échelon* anticlines, with N77 axial trend and 20-120 km wavelength, sometimes associated to probable reverse faults. These folds are crosscut by perpendicular extensional structures that we classified as the so called ribbons (6). The geometrical relationships with folds show that ribbons are probably synchronous with the folds or postdate them. There exists a clear obliquity (30°) between the fold axial traces and the Ovda's margin, implicating a transpression distributed dextral shearing, with the regional shortening axis trending N167° and a N57° extensional axis. This shortening orientation is coherent with both, folds and ribbons and it is significant that it is perpendicular to Ovda Regio's northern marginal fold belt, which has been interpreted as a collisional belt (2-8). The fold and ribbon geometry and kinematics allow to determine the contribution of these structures to the horizontal dextral regional shearing along the internal belt, that has been calculated in a minimum amount of 5-20 km.

The general deformation pattern in the external (southern) belt is also coherent with the same regional strain field but in this case different structures accomplish the dextral shear deformation. In this belt there is a deformation zone, 200-260 km wide, defined by three or four fault-like main structures with very straight traces trending subparallel to the plateau margin and more than 600 km long. Detailed geometry show R and P Riedel-like fractures with an anastomosing structure equivalent to the patterns described in brittle strike-slip faults, both in experimental works and in a number of field examples on the Earth. Completing the structural

pattern in this external belt there is a set of *en échelon* ridges with sigmoidal geometry and N60-90 dominant direction that can be interpreted as folds with 2-5 km wavelength. This tectonic design represents a shear zone with displacement concentrated along brittle strike-slip faults, and it must be distinguished from the S-C terrains described in Ishtar Terra (5,3) which correspond to a more ductile behavior. Minimum bulk horizontal displacement along this external deformation belt has been estimated from the geometrical relations in almost 12 km. Deformation was developed before and during the global resurfacing event because brittle faults and ridges affect to the volcanic plains.

The structural observations and probable tectonic evolution in these two transpression belts in southern margin of Onda Regio significantly agree with a stress field transmitted from the advocated collision in the northern margin (2, 8), whereas contradict in some way the simple upwelling geodynamic model (6).

- (1) Hansen et al. (1999). *Geology* Dec. p.1070-1074. (2) King et al. (1998). 29th LPSC: 1209. (3) Phillips et al. (1998). *Science* 279:1492-1497. (4) Davis, A.M. & Ghail, T.H.(1999). 30th LPSC: 1330 (5) Hansen (1992). 23th LPSC: 478-479. (6) Ghent et al. (1999). *Icarus* 139: 116-136. (7) Hansen et al. (1996). *Icarus*123:296-312. (8) Tuckwell et al. (2002) 33th LPSC: 1566.

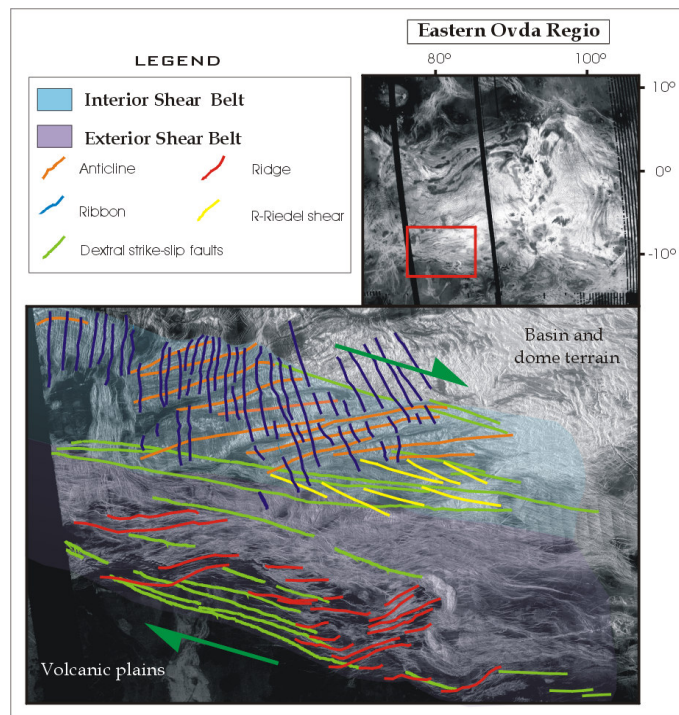


Figure1

Structural schematic map of Onda's southern margin showing dextral shear kinematic evidence. Lines are representational rather than explicit since individual structures are too numerous and small to detail individually.

THE PLANETARY SOCIETY IN PORTUGAL: FUTURE ACTIVITIES AND COOPERATION

Francisco Miguel de Sousa Gonçalves

TPS-Portugal

The Planetary Society (TPS) is the major non-governmental and non-profit space organization in the world, with more than 100,000 members all over the world. In Portugal, our activities began in 1997 and, from that moment to the present, our task has been the construction of a solid member-based nucleus all over the country divided in two different directions: horizontal and vertical.

Our goals are different from the goals that TPS achieves in the USA, something perfectly understandable since Portugal and the US have different levels concerning the space education and industry. Our primary goals are science education (especially astronomy, mathematics and physics) and public outreach of astronomy to every people. For that, we ask the expertise and support of Portuguese and international personalities and organizations. Concerning our international cooperation, we feel that Spain, for many reasons, should be an active supporter to our activities.

ABUNDANCIAS QUÍMICAS EN METEOROIDES A PARTIR DE ESPECTROSCOPIA DE METEOROS

Josep M. Trigo i Rodríguez⁽¹⁾, Jordi Llorca Piqué^(2,3) & Juan Fabregat Lluca⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Dept. Ciències Experimentals, Universitat Jaume I, C. Riu Sec, 12071 Castellón, e-mail:trigo@exp.uji.es

⁽²⁾ Institut d'Estudis Espacials de Catalunya, Edifici Nexus, Carrer Gran Capità 2-4, 08034 Barcelona.

⁽³⁾ Dept. Química Inorgànica, Facultat de Química, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, e-mail: jordi.llorca@qi.ub.es

⁽⁴⁾ Dept. Astronomia i Astrofísica, Universitat de València, C/ Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot (Valencia)

Las campañas de Leónidas recientes han reunido a investigadores pertenecientes a un amplio rango de disciplinas construyendo un puente entre las ciencias observacionales y analíticas. Tradicionalmente el polvo cometario ha sido analizado mediante el estudio en el laboratorio de Partículas de Polvo Interplanetario (IDPs). Aquí presentamos una nueva disciplina que estudia esta materia a partir del análisis de los meteoros, es decir, de la fase luminosa que representa el proceso de ablación y fragmentación de estas partículas en la atmósfera. Mediante la espectroscopia de meteoros puede obtenerse información sobre la composición química de los meteoroides. Hemos usado un sencillo modelo para determinar los parámetros físicos y las abundancias químicas a lo largo de la trayectoria del bólido. Asumiendo equilibrio térmico en la cabeza del meteoro es posible reproducir las características principales de los espectros meteóricos, incluyendo la presencia de dos componentes diferenciados: el espectro principal, caracterizado por una temperatura de unos 4.500 K y un espectro secundario producido a unos 10.000 K. Probablemente la componente de alta temperatura está asociada al frente de choque del meteoroides mientras que la componente de baja temperatura se produzca en los alrededores del meteoroides. Este modelo ha permitido deducir las abundancias químicas relativas al silicio en trece bólidos la mayor parte producidos por fragmentos de cometas como se deduce de las órbitas heliocéntricas calculadas para los respectivos meteoroides. Para estos bólidos se dedujeron las abundancias de Na, Mg, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Co y Ni. Comparando las abundancias químicas con las características de IDPs, del polvo del cometa 1P/Halley y de meteoritos condriticos se llega a interesantes conclusiones. La presencia de una mayor abundancia en Na puede estar relacionada con la evaporación de este elemento en el medio interplanetario y probablemente también en la atmósfera. Asimismo se ha confirmado el efecto de evaporación incompleta del calcio que abandona el meteoroides sin fundirse, probablemente en forma de polvo refractario. Los resultados sugieren también que las medidas realizadas por la sonda Giotto del polvo del cometa 1P/Halley no pueden considerarse representativas del polvo cometario dado que varias abundancias químicas son diferentes en meteoroides de otros cometas. Probablemente tales diferencias sean debidas a que los espectrómetros de masas detectasen solo partículas pequeñas de masa equivalente a la de los componentes principales de la matriz de las IDPs.

El interés de estos estudios en astrobiología es obvio. La acreción de materia extraterrestre es un campo clave como fuente del carbono prebiótico y de volátiles tan importantes en el origen de la vida en la Tierra. Probablemente no todo el carbono llegó a través de impactos con cometas y primitivos asteroides sino que también la acreción de meteoroides en la atmósfera terrestre ha sido un mecanismo más continuo y benévolo para depositar especies orgánicas y volátiles sobre nuestro planeta. En este contexto la espectroscopia de meteoros es una manera de conocer mejor los mecanismos que regulan la entrada de la materia interplanetaria a la Tierra.

IDENTIFICACIÓN Y MEDIDA DE ^{21}Ne COSMOGÉNICO EN SUPERFICIES GRANÍTICAS DE GALICIA

D. Fernandez Mosquera, J.R. Vidal Romaní y K. Marti

La interacción de la radiación cósmica con la superficie terrestre genera distintos nucleidos en la roca con la que interfiere cuya concentración aumenta con el tiempo de exposición de la superficie. Cuando ésta es un granitoide, los tres isótopos del Ne generados (^{20}Ne , ^{21}Ne , ^{22}Ne) son retenidos en la red cristalina de minerales como el cuarzo, donde se unen a las fracciones de Ne allí existentes de origen magmático (heredado) o debido a la desintegración de elementos radioactivos de la roca (nucleogénico). Los tres posibles orígenes se manifiestan por la temperatura a la que se liberan de la red cristalina al calentar el mineral anfitrión, debido a que su enlace con aquella tiene una energía diferente que depende de las condiciones termodinámicas de entrada en la red (presión, temperatura). La medida de la concentración de ^{21}Ne cosmogénico en una muestra determinada se puede hacer mediante Espectrometría de Masas de Gases Nobles (NG-MS). El dato obtenido tiene un valor geomorfológico, ya que nos da la edad de exposición de la superficie muestreada o en su caso la tasa media de erosión de la misma.

Se han realizado dataciones por la técnica del ^{21}Ne cosmogénico de muestras procedentes de superficies de roca formadas en distintos ambientes geomorfológicos: glaciar, fluvial y de grabado químico, desarrolladas sobre distintos tipos de granito y situadas a altitudes entre el nivel del mar y los 1.800 m s.n.m..

La identificación del gas Ne de origen cosmogénico en cuarzo se basó en dos criterios (Niedermann et alii, 1993): (1) su liberación a temperaturas menores de 600°C y, (2) que posea una relación $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ específica. El primer criterio pudo aplicarse en todas las muestras analizadas y parece relacionarse con el reajuste estructural ligado a la transición enantiomórfica del cuarzo a 573°C . El segundo criterio, por el contrario puede verse influido por varios factores de tipo petrogenético (génesis y edad de emplazamiento de la roca, historia tectónica del macizo, mineralogía de la roca, etc.). Ocurre así que los aportes de origen nucleogénico, debidos al bombardeo del cuarzo realizado por minerales radioactivos, y la identificación de la relación isotópica del componente heredado son los problemas principales para aplicar el segundo de los criterios. De manera general, la discriminación del ^{21}Ne cosmogénico fue peor en las muestras de menor concentración. En estos casos, las muestras monominerales (cuarzo filoniano) proporcionaron medidas mejores que las de cuarzo procedente de rocas poliminerales.

INICIATIVA PRIVADA NO LUCRATIVA EN LA EXPLORACIÓN ESPACIAL

C. Santana Gil, L. Salas López & V. Raúl Ruiz Ruiz, de

The Mars Society España (rssscp@inicia.es)

La exploración espacial mediante sondas automáticas y robóticas, y expediciones tripuladas, ha sido hasta ahora una actividad sólo abordable por grandes entidades públicas, empresas privadas, o agrupaciones de estas.

El proyecto OSCAR, el 12 de diciembre de 1961, fue la primera pequeña entidad no lucrativa en conseguir poner en órbita terrestre satélites de desarrollo propio (OSCAR-1). Desde los inicios de la Era Espacial, muchas personas se han agrupado con el objetivo común de tomar parte como pioneros de esta nueva aventura de la Humanidad, donando recursos materiales de todo tipo y trabajando voluntariamente.

The Planetary Society (TPS) y The Mars Society (TMS) constituyen dos ejemplos significativos de iniciativas privadas no lucrativas que han conseguido progresar.

TPS, fundada en 1980 por Carl Sagan, Bruce Murray y Louis Friedman, se financia por medio de las cuotas de sus asociados y donaciones de muchas personas que apoyan su proyecto. Su éxito se ha basado sobre todo en el carisma especial del que fue su líder: Carl Sagan. Alimentados por el espíritu de Sagan, TPS continúa siendo una iniciativa muy importante, en proceso de reestructuración.

TMS, fundada en 1988 por Robert Zubrin y 700 científicos e ingenieros más. La claves de su éxito son fundamentalmente el plan Marte Directo (MD), diseñado por Zubrin y Richard Wagner, y el gran atractivo que supone la exploración de apasionante y controvertido Planeta Rojo.

La estrategia de TMS se articula alrededor del plan MD. Estructurado en varias etapas y con un calendario bien definido, ha conseguido unir a muchas personas para trabajar juntas en pos del mismo objetivo final: establecer asentamientos permanentes en Marte. Además de las cuotas societarias, cuenta con el apoyo de muchos patrocinadores.

Dentro de las estrategias de TPS y TMS existe una nueva herramienta, Internet, que no es la herramienta, pues la pieza clave sigue siendo el Hombre. La gestión de proyectos distribuidos presenta el problema de la multiculturalidad, que añade complejidad a la gestión.

En España existen filiales de TPS y TMS. Gracias a la filosofía de la nueva Ley Orgánica de Asociaciones, y a los medios que pretende habilitar, y teniendo en cuenta la cultura científico-técnica existente, además de iniciativas que han demostrado su robustez (GEA, OAM,..), se abren grandes posibilidades para ambas entidades.

ESPAMET es un proyecto piloto propio de TMS, y además se trabaja en otros proyectos compartidos, que son: Euro-MARS; GANIMA; Mexo-Hab

MESA REDONDA

GANIMA. PLATAFORMA AEROBÓTICA DE INVESTIGACIÓN ESTRATOSFÉRICA, DEFINICIÓN DE LINEAS DE INVESTIGACIÓN EN APLICACIONES TERRESTRES, Y PERSPECTIVAS DE APLICACIONES MARCIANAS" Y EURO-MARS+MEXO-HAB

Cayetano Santana Gil

The Mars Society

GANIMA

Descripción: Como parte de la estrategia de The Mars Society para alcanzar sus objetivos, se encuentra la realización de misiones de bajo coste a Marte. GANIMA, como parte de esta estrategia, es iniciativa de The Mars Society España (TMSE), y desde el principio vienen trabajando en él TMSE y la organización Espacio Para Todos, sus actuales promotores y gestores. La fase terrestre del proyecto (GANIMA Tierra i -GTi-) tiene por objetivos técnicos el diseño, elección y prueba de los sistemas necesarios. Para lograr los objetivos científicos se realizarán: imaginería CCD de alta resolución y muestreo estratosférico.

Objetivos: Presentación de los avances del proyecto y experiencias. Debate del perfil que deberá tener la misión marciana y de las líneas de investigación que puede impulsar su aplicación terrestre estratosférica.

Propuestas y evaluación de misiones GTx y GMx.

Marte en la Tierra: Los Azulejos (Tenerife)

Descripción: Dentro del Plan Marte Directo, las Estaciones de Investigación Análoga de Marte (MARS) son una pieza clave para probar tecnologías y simular procedimientos. Una de estas Estaciones se instalará en Europa (Euro-MARS) y otra, incluida en proyecto homólogo, se montará en México (MEX-MARS). Ambas constituyen oportunidades excepcionales para incorporar la iniciativa hispana a grandes proyectos de exploración espacial.

Objetivos: Evaluar como emplazamiento análogo a Marte Los Azulejos. Otras propuestas para emplazamientos en España. Evaluar y elegir proyectos de geología (búsqueda y explotación de recursos locales, ...) y biología (prueba de Unidades Mínimas de Terraformación, aerostación científica, ...) para los programas de investigación a desarrollar en ambas Estaciones (Euro-MARS y MEX-MARS). Análisis de las actividades para la promoción de la exploración espacial que se realizan en España, y evaluación del uso de una maqueta escala 1:1 para exhibición de una Estación como recurso promocional. Publicación de la traducción al español del libro The Case For Mars.

RITMO DE CAÍDAS DE METEORITOS EN LOS ÚLTIMOS 2.500 AÑOS: ¿HAY PERIODICIDAD?

Carlos Martín Escorza

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) , José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid

Ritmo de caídas de meteoritos en los últimos 2.500 años: ¿hay periodicidad?. Los registros de caídas de meteoritos de los que se dispone la fecha de ocurrencia del fenómeno no son todo lo abundantes que se desearía para realizar un estudio de frecuencias y posibles periodicidades. Los datos, por el contrario, son escasos y se encuentran muy distribuidos, aunque son mucho más numerosos en épocas recientes que las pasadas, y conforme vamos retrocediendo en el tiempo se dispone de menos referencias. Desde hace décadas se conocían sólo las caídas producidas en la parte del planeta que recogían las noticias históricas en los países europeos primero y norteamericanos después, pero su límite no traspasa la Edad Media. Recientemente se han añadido a estos los datos obtenidos de los registros de caídas en China, que amplían el tiempo de estos sucesos registrados con la fecha de caída hasta los años cercanos a los 500 a.C. En base a todos estos datos se presentará un análisis general que muestra cual ha sido el ritmo global de caídas y una propuesta de posible periodicidad temporal para todas ellas.

PETROGRAPHIC AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF DIFFERENT CLAST POPULATIONS OF CHAVES HOWARDITE

José F. Monteiro & José Munhá

Departamento e Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Edifício C-2, Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal. e-mail: jfmontei@fc.ul.pt

The Chaves meteorite fell on May 3, 1925 in the small village of Vilarelho da Raia, situated 8 Km North of Chaves town (Portugal) and less than 1 Km with the Spain border. The fall was accompanied by two very strong explosion sounds followed by a noise resembling that of a cannon fire. Three fragments were recovered by the local authorities with a total mass of 2945g. All stones have a shiny dark brownish-black crust, which is fissured and present areas of striated crust. In the broken surfaces, where the samples are void of fusion crust, light to dark gray interior material is exposed. In addition to a light grey groundmass containing angular fragments varying from white to greenish and sometimes grey pyroxenes, the meteorite shows ophitic texture with white plagioclases, which are up to 9 mm long.

In thin section Chaves is a complex breccia with a clear regolithic texture. It consists mainly of fragments of single minerals, pyroxene (orthopyroxene and pigeonite) and plagioclase, with several pyroxene fragments up to 2 mm. Both the breccia fragments and the groundmass show the effects of strain, being shattered, and showing undulatory extinction. Dark brown glass and devitrified glass are very common and they are intimately associated with cristaline grains of plagioclase and pyroxene. Turbid glass shows sometimes crystalline needles of pyroxene. Microprobe analysis show that the pyroxenes consists largely of orthopyroxene with lesser amount of pigeonite. Pyroxene have a range composition from $Wo_2 En_{78} Fs_{20}$ to $Wo_5 En_{37} Fs_{58}$. The more magnesian pyroxenes have low Ca contents but the more Fe-rich varieties range from $Wo_{24} En_{18} Fs_{58}$ to $Wo_{24} En_{38} Fs_{38}$. Feldspars, generally twinned, range in composition from $Or_{0.6} Ab_{5.4} An_{94}$ to $Or_{0.6} Ab_{11.4} An_{88}$ with more sodic grains in some of the volcanic clasts. Some silica minerals, quartz and tridymite, were observed in thin sections and, during microprobe work, many small intergrowths between plagioclase and pyroxene were found to contain very high silica. Quartz is always associated with pyroxene, recrystallized pyroxene, glass and magnetite. At least 70% of the opaque minerals is troilite, occurring frequently as fine intergrowths with pyroxene. Chromite, ilmenite and some grains of Fe-Ni metal was encountered. No olivine was found.

In this work we separated the two great populations of clasts – eucrite and diogenite – according to classic petrographic observations and chemical characterization of the pyroxenes by electron microprobe analysis. The same minerals of both clasts are found in the matrix, showing that this meteorite is a typical howardite, resulting from the mechanical mixture of essentially two fractions of a very differentiated parent body – probably the asteroid 4 Vesta. Other type of clasts are not excluded in the study of other thin sections. Attending the next NASA Discovery mission to Vesta, the project Dawn – and the rarity of this type of meteorites-, future studies of this sample are of great importance.

COSMOLOGÍA Y GEOQUÍMICA PLANETARIA: UNA NUEVA ASIGNATURA EN LA UPM

Pedro Vilarroig¹ & J. Martínez-Frías²

¹Dpto. Física Aplicada a los Recursos Naturales, ETSI Minas de Madrid, UPM, Ríos Rosas 21, 28003, Madrid

²Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA) Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid (España) e-mail: martinezfrías@mncn.csic.es

Al afrontar el estudio de la cosmología, nos encontramos con dos problemas fundamentales. El primero de ellos es la base con la cual hoy en día ingresan los alumnos en la universidad, habida cuenta que para abordar la cosmología es necesario conocer múltiples disciplinas como mecánica cuántica, estadística, óptica y relatividad especial y general. Este problema se acrecienta en las escuelas técnicas, lugar en el cual las asignaturas que se imparten son fundamentalmente tecnológicas y las disciplinas citadas se tocan de forma lateral. El segundo problema es la complejidad matemática de la teoría general de la relatividad, cuyo desarrollo al alumnado como parte de un bloque total de 45 horas, representa un reto pedagógico.

En primer lugar procedimos al repaso de temas básicos: mecánica cuántica orientada al estudio de gases de partículas, especialmente de fermiones (electrones y neutrones) y fotones, lo que nos permitirá en el futuro comprender los mecanismos de las estrellas, tanto en sus primeros estadios como en los últimos. En este último campo se estudian las enanas blancas y estrellas de neutrones. Como segundo tema básico se trata el álgebra tensorial, que será la base del desarrollo de la teoría general de la relatividad. En este bloque se señaló fundamentalmente el concepto y no el aparato matemático. Tras un repaso de mecánica estadística se acometió una iniciación a la astrofísica, terminando con las teorías sobre el origen y evolución del universo basadas en la teoría general de la relatividad. Finalmente se comentaron temas de actualidad tales como la inflación, la flecha del tiempo y la singularidad inicial.

La temática de la geoquímica planetaria se aborda como un complemento eminentemente práctico del bloque anterior, incidiendo en las características de la materia primigenia de nuestro sistema solar, y en el análisis comparado de los principales cuerpos planetarios y procesos en ellos desarrollados.

RECURSOS DEL ESPACIO CERCANO A LA TIERRA: METALOGENIA AVANZADA EN EL TERCER CICLO

R. Lunar¹ & J. Martínez-Frías²

¹Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid

² Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA) Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid (España) e-mail: martinezfrias@mncn.csic.es

A pesar de la importancia que paulatinamente van alcanzando las investigaciones sobre geología planetaria, esta temática sigue siendo escasamente abordada en los programas académicos. Además, dadas las pocas posibilidades de reciclaje del profesorado en España en este ámbito, nuestro país corre el riesgo de quedarse rezagado frente a otros países de nuestro entorno.

Por ello, en la asignatura del Tercer Ciclo recientemente propuesta, se ofrece una perspectiva actualizada sobre las recientes investigaciones relacionadas con los recursos geológicos del espacio. Los meteoritos constituyen ejemplares únicos de extraordinaria importancia científica. Sin embargo, disponemos aún de un conocimiento restringido de lo que existe más allá de nuestro planeta. Los últimos estudios se han centrado en los meteoritos planetarios, sobre todo en aquellos a los que se ha asignado un origen marciano.

La Luna, los asteroides cercanos a la Tierra, Marte y algunos satélites de Júpiter son principales objetivos de investigación espacial en relación con nuevas fuentes de agua, recursos minerales y energéticos. La posible existencia de hielo, piroclastos hierro-titaníferos y ³He en la Luna, o las supuestas acumulaciones de agua subterránea y hematites de Marte, abren nuevas vías de investigación, que repercuten directamente en el futuro asentamiento de bases extraterrestres permanentes.

SIMILARITIES OF MINERAL COMPOSITION AND PHASE FORMATION OF METEORITES AND GLASS- CERAMIC: AN APPROACH

J. Ma. Rincón⁽¹⁾ & M. Romero⁽¹⁾

⁽¹⁾ The Glass- Ceramics Lab, Inst^o. E. Torroja de Ciencias de la Construcción, CSIC, Madrid (España) e-mail : jrincon@ietcc.csic.es and nromero@ietcc.csic.es

Melting and controlled nucleation and crystallization processes from original designed glasses usually give rise to glass- ceramic materials with a broad range of industrial, domestic and architectural applications which some of these are processed by slow cooling after melting (petrurgical glass- ceramics). More recently this type of materials can be manufactured by recycling of a wide range of industrial and mineral wastes. Majority of these wastes which usually are storage as red muds are highly enriched on iron oxides, what make possible to obtain black glasses and glass- ceramics up to 40- 50 % of iron oxides and frequently containing hematite and magnetite precipitation of high volume of crystals into a glassy matrix. This situation is also usual in planetary geology where highly enriched iron minerals are formed mainly in pyroxene/ basalt matrices.

The microstructural and mineralogical composition of some meteorites are formed in fully different conditions that industrial and/ or laboratory glass- ceramics. However, the study of similarities of some planetary materials, could give rise to compositional design of materials and microstructures by the glass- ceramic processing (controlled nucleation + crystallization). From this innovative point of view, the study of planetary materials affords new knowledge to the synthesis of new materials with improved technological properties as compared with those were developed and produced in the last decades and could allow in the next future the production of new and interesting industrial materials which useful applications in technology and as building materials. In this sense, after short review of the main mineralogical and microstructure composition of some meteorites is showed and compared the microstructure and composition of those glass- ceramics produced by the own authors from highly enriched natural raw materials such as basalts (pyroxene and anorthited recsrytallized) and some industrial wastes (magnetite and heavy metal ferrites synthetized)

References

1. A. García- Verduch, Materiales obtenidos a partir de rocas y escorias fundidas, Jornadas Científicas sobre Cerámica y Vidrio, Ed. Univ. de Oviedo, 1980
2. T. Manfredini, G. C. Pellacani and J. Ma. Rincón Eds., Glass- Ceramics: Fundamentals and Applications, Mucchi Editore, Modena, 1997
3. M. Romero y J. Ma. Rincón , Glass-ceramics as building materials, *Materiales de Construcción* 46 (1996) 242- 243, 91-106
4. I. de Vicente-Mingarro, P. Callejas, J.Ma. Rincón, Nucleation and crystallization mechanism of glasses obtained from canarian basaltic rocks, *Bol.Soc.Esp.Ceram.Vidr.*, **31-C** (1992) 5, 137-142.
5. M.Romero and J. Ma. Rincon, Obtention and properties character. of high iron content glasses obtained from FeOOH industrial wastes, *J. European Ceram. Soc.* **18** (1998) 2, 153-160

HALLAZGO DEL MINERAL FOSFURO DE NÍQUEL EN UNA OCTAHEDRITA IAB DE RUBÍN DE CELIS (CAMPO DEL CIELO)

Rogelio-Daniel Acevedo¹, M^a Luz Valín-Alberdi² & Luisa M^a Villar³

¹ Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC, Conicet).

Malvinas Argentinas S/N°. 9410 Ushuaia, Tierra del Fuego, República Argentina. acevedo@arnet.com.ar

² Universidad de Oviedo. Facultad de Geología.

Arias de Velasco S/N°. 33005 Oviedo, Asturias. mlvalin@geol.uniovi.es

³ Dirección de Recursos Geológico-Mineros, SEGEMAR.

Julio A. Roca 651, Piso 8°, Sector 9. 1322 Buenos Aires, República Argentina. lvillar@arnet.com.ar

El fosfuro de níquel (nickelphosphide) ha sido reconocido por primera vez en el meteorito Butler (Britvin, 1999) como un mineral niquelífero análogo de la schreibersita (IMA 1998-023). A partir de allí fue descrito solamente en los sideritos Bahjoi, Ballinger, Canyon Diablo, Carlton, Edmonton, Efremovka, Goose Lake, Lenarto, Lexington County, Monahans, Oktibbeha County y Vicenice y en el condrito Santa Luzia.

El fragmento pertenece al campo de dispersión de meteoritos del cráter Rubín de Celis (lat.-27°37.5'; long.-61°41') del siderito de Campo del Cielo, Chaco, Argentina, definido inicialmente como hexahedrita (Villar y Bunch en Cassidy *et al.* 1965). El ambiente de impacto es selvático, de suelos blandos constituídos por sedimentos finos.

Las dimensiones y peso respectivos del espécimen estudiado son 52x115x145mm y 1.396 gramos. Su superficie externa, cubierta por una fina película de tonalidad castaño rojiza a negra, que correspondería a óxidos secundarios, es irregular y rugosa, sin los regmagliptos típicos de Campo del Cielo ni oquedades, mostrando parcialmente cortezas de fusión y signos de corrosión y meteorización. En sendos cortes practicados en un vértice y una arista se aprecia su aspecto metálico brillante y masivo, empero con fisuras de recorrido tortuoso producidas por el impacto contra el suelo terrestre.

El fragmento observado muestra en su sección metalográfica una masa blanca de kamacita (6,93% Ni) cruzada por líneas de Neumann y conformando con lamelillas de taenita (41,7% Ni) las figuras de Widmanstätten características. La corteza de fusión está casi ausente excepto por una pequeña localización fina e irregular a un costado de la sección. Por su textura y composición puede identificarse a esta muestra como representante de una octahedrita Og IAB. Otro constituyente principal en la composición mineral es la schreibersita, un miembro de la solución sólida isomorfa entre Fe₃P y Ni₃P con variable contenido en Níquel. Y aunque el porcentaje molecular del miembro final Ni₃P es de alrededor de 50, raramente dicha proporción excede ese límite, y, cuando ello sucede, el mineral se denomina fosfuro de níquel (nickelphosphide, IMA 1998-023; Britvin 1999, Jambor *et al.* 2000), cuyo hallazgo en Campo del Cielo constituye una novedad.

Los cristales de schreibersita son grandes y alargados, de color blanco-rosado y presentan una corona gris de alteración (Fe) debido a su inestabilidad ante los agentes de meteorización durante el largo período de tiempo (unos 5.800 años) que estuvo el meteorito enterrado. Su análisis químico es Fe 48,113/55,462 %p, Ni 29,846/37,629%p., P 13,022/13,448 %p. La fórmula estructural sobre 4 a.p.f.u. es Fe_{1,98/1.72} Ni_{1,28/1.02} P. En el caso del fosfuro de níquel, sus

crisales son más pequeños, con formas tabulares, también rodeados por un ribete gris. Su análisis químico es Ni 47,258 %p., Fe 38,36 %p, P 12,7 %p. La fórmula estructural sobre 4 a.p.f.u. es $\text{Ni}_{1.62} \text{Fe}_{1.38} \text{P}$.

Empero haber sido el siderito de Campo del Cielo exhaustivamente estudiado, no fue sino hasta ahora que se ha identificado la existencia allí de crisales aislados del mineral fosfuro de níquel.

Referencias

1. Benedix, G.K.; McCoy, T.J.; Keil, K and Love, S.G. 2000. A petrologic study of IAB iron meteorites: constraints of the formation of the IAB Winonaite parent body. *Meteoritics and Planetary Science*. 35(6): 1126-1142.
2. Britvin, S. N.; Kolomensky, V.D.; Boldyreva, M.M.; Bogdanova, A.N.; Yu, L.; Kretzer, O.N.; Boldyreva, O.N. and Rudashevsky, N.S. 1999. Nickelphosphide, $(\text{Ni,Fe})_3\text{P}$, the nickel analog of schreibersite. *Proceedings of the Russian Mineralogical Society* 128(3): 64-71.
3. Cassidy, W.A.; Villar, L.M.; Bunch, T.E.; Kohman, T.P. and Milton, D.J. 1965. Meteorites and craters of Campo del Cielo, Argentina. *Science* 149(3688): 1055-1064.
4. Jambor, J.L.; Kovalenker, V.A. and Roberts, A.C. 2002. New mineral names. *American Mineralogist*. 85: 873-877.
5. Skála, R. and Frýda, J. 1999. Nickel-dominant schreibersite from Vicenice Iron. *Lunar and Planetary Science XXX Conference*. Houston, Texas. 1334-pdf.

THE OURIQUE H4 ORDINARY CHONDRITE

José F. Monteiro & José Munhá

Departamento e Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Edifício C-2, Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal. e-mail: jfmontei@fc.ul.pt

In spite of one find and eight described falls of meteorites in Portugal, we only have six portuguese meteorites available for study. They are: the S. Julião de Moreira IIB octaedrite (find in 1877); the Olivença LL5 chondrite (some fragments fall in portuguese territory); the Chaves howardite (fall in 3 May 1925); the Monte das Fortes L5 Chondrite (fall in 23 August 1950); the Alandroal III A ataxite (fall in 14 November 1968) and the Ourique H4 Chondrite (fall in 28 December 1998). The other tree meteorites, briefly described in the literature are unknown to the scientific community.

The Ourique meteorite was the last known fall of a meteorite in Portugal and it's interesting to describe some particularities with this fall: it's identification as a stone from the sky by a shepherd man; the lack of legislation about the meteorite falls in Portugal; as well as it's rapid classification and submission to The Meteoritical Bulletin. Finally we will look to the interesting aspects for future studies. In the 28 December 1998, at precisely one clock a.m. the people of Aldeia de Palheiros, Ourique, South of Portugal, awake in a fright, by a very strong noise that resembles "the explosion of a petrol station" according to several witnesses. Several eye-witness saw the fireball and the first explosion at almost the same time the sky turns white and a small explosion was heard. The fire-brigade and the local police search for signs of an artificial explosion or accident, but most of the people thought that it was the start of a great thunderstorm. The meteorite was found to days after the fall by a local shepherd who was surprised by the new stones in the rural drift-way and the intense sulfur smell. Suddently he associated the stones with the intense noise two days before, and think that the stones fall from the sky. After that, several people went to the fall place and took severall pieces with them. In the precise point of the fall a small crater (60 x 30 x 15) was formed with an azimuth 115°. After the impact, the meteorite was broken in several pieces and the fragments distributed in a conic section with a length of 55 m, where the biggest sample was collect. We estimated a mass of 20-30 Kg for the original rock, but we only recovered 3,5 Kg, including the major fragment (2,6 Kg) that is now at the Museu de História Natural da Universidade de Lisboa.

The meteorite shows a grey to greenish color, with the typical black fusion crust, sometimes brownish and with some vitreous lustre. In the hand sample we can see the chondrules, no bigger than 2 mm, the olivines and the metal alloys. It is possible to see the breccia texture with different clasts. The microscopic study shows a texture characteristic of group 4 ordinary chondrites. The opaque minerals are essencialy Fe-Ni and troilite. The chondrules are very frequently and different types can be found: porphyric encircled by fine-grained rims; granular olivine-pyroxene; radial pyroxene; elipsoidal barred olivine; glassy and polysomatic barred olivine chondrules; and glassy to cryptocrystalline chondrules. Some of them are surrounded by parcial Fe-Ni rims.

Preliminary studies by electron microprobe show that olivine presents a molar composition of 18% to 19% of faialite and a molar composition of 16% of ferossilite. This allow us to classify the Ourique meteorite as H 4 ordinary chondrite. Other studies are under way.

LOS HIERROS SEDIMENTARIOS DE LA CUENCA DEL RÍO TINTO: ¿UN ANÁLOGO MINERAL DE LOS DEPÓSITOS FERRUGINOSOS DE SINUS MERIDIANI?

D. C. Fernández-Remolar⁽¹⁾, A. H. Knoll⁽²⁾, R. V. Morris⁽³⁾ & R. Amils, ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA) Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid (España) e-mail: fernandezrd@inta.es.

⁽²⁾ Organismic and Evolutionary Biology Institute, Harvard University, 24 Oxford Street, Cambridge, MA 02138, USA.

⁽³⁾ Astromaterials Research Office, NASA Johnson Space Center, Houston, TX 77058, USA.

La matriz universal por la cual la vida intercambia material y energía es el agua. No se tiene constancia de otro modelo de sistema vivo que sea capaz de llevar a cabo sus intercambios metabólicos en cualquier otro tipo de matriz reactiva, sea líquida o sólida. Esta es la principal razón por la que búsqueda de vida o productos fósiles de su actividad en Marte pasa o bien por la localización de reservorios actuales de agua o bien la de depósitos sedimentarios formados bajo masas de agua antiguas, respectivamente. En este sentido, una de las regiones más prometedoras de Marte es la Cuenca Hematítica de Sinus Meridiani, cuya principal característica es la presencia de potentes depósitos de óxidos de hierro mineralizados bajo forma de hematites (grey α -Fe₂O₃). Según Christensen et al. (2001), estudiando los datos espectrales del área obtenidas por el TES (Thermal Emisión Spectrometer) del MGS (Mars Global Surveyor), estos materiales se formaron en condiciones con alta disponibilidad de agua, como sistemas hidrotermales, lagos u océanos antiguos.

En la Cuenca del Río Tinto se han localizado un conjunto de depósitos de óxidos de hierro que podrían ayudar a interpretar las condiciones ambientales que condujeron a la formación de estos depósitos de hematites en el planeta rojo. Durante finales del Terciario y parte del Cuaternario la Cuenca de Río Tinto ha acogido una comunidad quimiolitótrofa basada en la química del hierro, cuya actividad ha participado en parte en la formación de un registro discontinuo de este tipo de materiales. El estudio mineralógico inicial (RX, FTIR, microscopía), que comprende los sedimentos actuales hasta los materiales hematíticos terciarios, ha permitido reconocer una serie mineral evolutiva entre los depósitos actuales y los materiales más antiguos. Esta serie comprende los minerales ferrihidrita + sulfatos férricos, goetita y hematites e implica un proceso de recristalización y deshidratación hasta ahora poco descrito en ambientes sedimentarios (Schwertmann & Fitzpatrick, 1992). El grado de hidratación y recristalización observado en los materiales indicados puede permitir comprender aquellos procesos de transformación de materiales hidratados sedimentarios hacia las fases ferruginosas deshidratadas. Este podría tener una gran importancia en el conocimiento de los procesos geológicos que han originado los depósitos ferruginosos en la Cuenca del Hematites de Sinus Meridiani. En concreto, la presencia de hematites en esta región marciana no favorecía una explicación del origen sedimentario de los mismos, ya que se tiene constancia que la precipitación química del hierro en condiciones sedimentarias tiene como fase final la goetita, que requiere una activación adicional por altas presiones y/o temperaturas para la formación de hematites. Sin embargo, en Río Tinto los minerales ferruginosos terminales están representados por hematites, cuyo origen es claramente sedimentario. Además, muchas formas conocidas de microorganismos en la Tierra reciclan hierro en ambientes sedimentarios. Por lo tanto, la alta disponibilidad de hierro en ambientes hídricos en la superficie de Marte aumentaría la

posibilidad de la aparición de comunidades quimiolitótrofas en etapas tempranas de la evolución de este planeta.

Christensen, P. R., Morris, R. V., Lane, M. D., Bandfield, J. L. and Malin, M. C. 2001. Global mapping of Martian hematite mineral deposits: Remnants of water-driven processes on early Mars. *JGR*, 106(E6), 23873-23885.

Schwertmann, U. & Fitzpatrick, R. W. 1992. Iron minerals in surface environments. In: H. C. W. Skinner & R. W. Fitzpatrick (eds.). *Biomineralization. Processes of iron and manganese – modern and ancient environments*. *Catena Supplement*, 21: 7-30.

THE D-CIXS X-RAY SPECTROMETER ON ESA'S SMART-1 MISSION TO THE MOON: GEOCHEMISTRY OF LUNAR RESOURCES

J. Bernabeu & I. Casanova

Laboratory for Earth and Planetary Exploration, Universitat Politècnica de Catalunya. Campus Nord, Modulo B1. 08034 Barcelona, SPAIN. e-mail: jorge.bernabeu@upc.es; ignasi.casanova@upc.es

The D-CIXS (Demonstration of a Compact Imaging X-ray Spectrometer) instrument will provide high quality spectroscopic mapping of the Moon, the primary science target of ESA's SMART-1 mission. At the same time it will demonstrate a radically novel approach to building a type of instrument essential for the Mercury cornerstone mission. It consists of a high throughput spectrometer, which will perform spatially localised X-ray fluorescence spectroscopy, and a solar monitor to provide the calibration of the illumination necessary to produce a global map of absolute lunar elemental abundances. D-CIXS will provide the first global coverage of the lunar surface in X-rays, providing absolute measurements of Fe, Mg, Al and Si under normal solar conditions and several others during solar flare events. In combination with information to be obtained by the other instruments on SMART-1 and from previous missions, this information will enable a more detailed look at some of the fundamental questions that remain regarding the origin and evolution of the Moon and will help us to map Lunar resources more effectively.

As well as tackling questions of a purely scientific nature, geochemical exploration of the lunar surface may provide important insights on the evaluation of natural resources. In this sense, the production of lunar liquid oxygen becomes a priority, since its utilisation could result in very substantial and immediate cost savings on propellant for transportation and, in the longer term, life support systems. There are more than 20 different process concepts that have been proposed for the production of oxygen from lunar materials. Among these, reduction of ilmenite (FeTiO_3) and/or glasses with hydrogen seem more competitive in terms of simplicity and potential productivity. Hydrogen reduction experiments on high-Ti soil and iron-rich glasses reach oxygen yields of 3.0 and 4.5 wt%, respectively. Given that, as mentioned above, D-CIXS will detect titanium only under enhanced solar activity conditions, exploration of feedstocks for oxygen production should focus on the identification and mapping of high-FeO glasses. These volcanic glasses are quenched samples of a magma reservoir that was probably very homogeneous in chemical composition. As a result, the droplets produced by the eruption will tend to be chemically uniform as well. Tight compositional clustering is therefore a frequently observed aspect among volcanic glasses. Iron (FeO) contents of these materials often exceed 20 wt% (max. 23.1% FeO in Apollo 14 green glass). On the other hand, areas of pyroclastic deposits are known to have higher Mg/Al ratios, between 1.7 and 3.3, than do mare regoliths (<1.5). These criteria may be used for the geochemical identification of such deposits from orbit using X-ray spectrometry. Complementary to geochemical exploration, remote sensing data indicate that deposits of volcanic (pyroclastic) glasses are fairly abundant on the Moon, but little is known about their regional distribution. Such pyroclastic units (often called dark mantle deposits) form blankets 1–4 m deep and occur on the edges of the maria, overlapping onto the adjacent highland regions. They have distinctly low albedos, both in the visible and radar wavelength ranges. Imaging in the visible and IR ranges by the AMIE and SIR instruments, respectively, should also help identify such deposits in conjunction with X-ray observations at low altitudes.

TARGET INFLUENCE ON THE SHAPE OF IMPACT CRATERS: IMPLICATIONS FOR ESTIMATES OF PLANETARY PALEOENVIRONMENTS.

J. Ormö⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA), Ctra de Torrejon a Ajalvir, km 4, 28850 Torrejon de Ardoz, Madrid, Spain, e-mail: ormo@inta.es

An impact crater has the advantage over other geological structures that both its shape, and the processes that formed it, can be calculated. This allows interpretations of the properties of the target material, the environment at time of impact, and the processes that have reworked the crater after its formation. Impact craters are traditionally classified based on a transition from “simple” (bowl-shaped) into “complex” craters with increasing expended energy at impact (see Melosh 1989 and references therein). Complex craters are generally characterized by collapsed rim and a central uplift, although the group spans morphologies up to the largest multi-ring structures and basins. The formation of the impact crater has been divided into three main stages “contact and compression”, “excavation”, and “modification”, although the process is gradual (Melosh 1989). The evolution to a “simple” or a “complex” crater morphology is determined by the amount of crater collapse that occurs during the modification stage. Before the collapse, craters of different sizes expand in a similar way until the “transient crater” is developed (maximum depth reached). Hence the on-set diameter between simple and complex craters depends on the gravitational force of the targeted object (the weaker the greater is the on-set diameter), but also on the strength of the target (weak targets give smaller on-set diameters). For great impacts the crater is less influenced by the target strength. It depends on the material response to the shock. Smaller craters are therefore better indicators for target properties. When a crater forms in a solid or non-compressible target material displacement and fracturing will cause a volume increase at the crater rim. An uplifted rim is developed. On top of this rim excavated material will contribute to the rim height. The relations between crater diameter and rim height etc are so well known that they can be described in equations (see Melosh 1989). There are, however, several exceptions to this “standard” crater model. In this work I focus on craters from impacts into layered targets with water covering a more rigid basement, as well as craters in compressible targets. The first instance is well exemplified by the Middle Ordovician Lockne crater, Sweden. Geological data combined with numerical modeling (Ormö et al., 2002a) has shown that the basement crater at Lockne is strongly influenced by the water that covered the area at time of impact. The basement crater is 7.5 km wide. It is surrounded by up to 3 km wide flaps of excavated basement rocks that in their distal parts partly covers the tens of meters thick, mostly consolidated sediments that existed between the water and the crystalline basement. Before deposition of the flaps a shallow excavation flow swept away most of the more proximal sediments. The basement crater has a poorly developed elevated rim. With the modelling a relation between water depth and crater shape was established, which gave a water depth of somewhat less than 1000 m.

In the recently discovered 140 m wide Sirente crater, Italy (Ormö et al., 2002b), the target was clay. The crater has an elevated rim of excavated material, but lacks structural uplift. Instead the volume of the target clay has decreased in a zone near the crater rim. Drilling indicated a compaction of the clay, likely due to the shock from the impact.

Deviations from the “standard” crater shape can be used to estimate target properties at time of the impact. This is useful for paleoenvironmental reconstructions of planets, especially where interpretations are restricted to remote sensing and, hence, the search for areas where life may have evolved.

1. Ormö, J., Shuvalov, V.V., and Lindström, M., 2002a, Numerical modeling for target water depth estimation of marine-target impact craters. JGR-Planets, accepted.
2. Ormö, J., Rossi, A.P., and Komatsu, G., 2002b, The Sirente crater field, Italy. Meteoritics and Planetary Science, accepted.

CRETACEOUS-TERTIARY BOUNDARY SPHERULES AS RECORD OF THE CHICXULUB IMPACT: EVIDENCE FOR PRIMARY SIGNATURES AND DIAGENETIC EVOLUTION OF EJECTA MATERIALS

F. Martínez-Ruiz⁽¹⁾, M. Ortega-Huertas⁽²⁾ & I. Palomo⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada (Spain) e-mail: fmruiz@ugr.es

⁽²⁾ Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada (Spain) e-mail: mortega@ugr.es, ipalomo@ugr.es

Several lines of evidence have been cited to support the Chicxulub structure as the crater site for the major extraterrestrial impact occurred at the end of the Cretaceous. The structure was first suggested as a large buried impact crater in the early eighties but was in the early nineties when evidence for the temporal link of the Chicxulub structure and the K/T mass extinction revitalized the Alvarez hypothesis and concentrated intense research on this structure. Additionally, the location of the crater explains the different nature of proximal and distal Cretaceous-Tertiary (K/T) boundary deposits. The impact produced distinctive dispersal materials, mostly derived from the turbulent front of the melted target rocks (the ejecta layer) and the vertically expanding hot vapour plume of vaporized bolide with entrained melted target rocks dispersed and deposited globally (the fireball layer). Thus, locations proximal to Chicxulub show greater contributions of the ejecta blanket derived from the target rocks, whereas distal sections contain a relatively higher contribution of extraterrestrial material. At intermediate and distal sites spherules are the most characteristic components of the ejecta materials, and have been cited as one of the impact markers to support the major extraterrestrial impact marking the K/T boundary. At distal sections as those from Agost and Caravaca (located in the SE of Spain) spherules are diagenetically altered to K-feldspar and Fe-oxides, their size is usually 100 to 500 μm , and all of them present the same textures and morphologies suggesting a similar precursor. Despite alteration, they present well preserved textures which are similar to quench-crystal textures and K-feldspar spherules contain C-rich cores extremely enriched in Ir and other PGE, further supporting an impact-related origin and an important bolide contribution. At sites located closer to Chicxulub crater, such as Blake Nose, spherules do not present crystalline textures and they are altered to smectite. Different types of spherules are observed at Blake Nose: dark green, pale yellow and light green spherules which can be related to different precursors. Transmission electron microscopy observations revealed that smectite directly replaced the original material and that dark green spherules originated from a Si-rich precursor, whereas pale yellow spherules originated from alteration of a Ca-rich precursor. In addition, the presence of glass relicts in some of these spherules further support that they derived from the alteration of Si-rich and Ca-rich materials. This is also in agreement with the composition of impact glasses reported in the Gulf of Mexico area, and agrees with the Chicxulub pre-impact stratigraphy. The chemical composition of the spherule-bed material at Blake Nose shows little evidence for significant extraterrestrial contribution suggesting that the spherule-bed material mainly derived from the alteration of target-rock-derived material. Further support is obtained from REE C1-normalized patterns indicating a crustal-rock derivation. In contrast, at most distal sections such as Agost and Caravaca, the chemical composition with a significant enrichment in Ir and other typical extraterrestrial trace elements together with the nature of spherules, support the relative higher contribution of the extraterrestrial material.

IMPACT CRATERING RECORD IN SPAIN: A REVIEW OF RECENT RESULTS

E. Díaz-Martínez, J. Martínez-Frías & E. Sanz-Rubio

Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Crtra. a Ajalvir km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Spain <diazme@inta.es>

The Earth's geological record presents ample evidence for craterization and meteorite impacts. This evidence consists of (a) geomorphic features resulting from crater excavation and collapse (bowl shape, elevated rim, scarps, landslides, central uplift, etc.), (b) tectonic and metamorphic structures related with craterization and shock deformation of the target (fracturing, folding, shattering, shocking, etc.), and (c) newly-formed igneous, metamorphic and sedimentary rocks, including distal ejecta and geochemical anomalies in the sedimentary record.

In this work we review some of the latest published results relating the evidence for meteorite impacts present in the geological record of Spain. A review of the evidence in the sedimentary record [1] revealed that the only proven ejecta is found at the Cretaceous-Tertiary boundary (Zumaya, Agost, Caravaca). A review of the evidence for an impact origin of the Azuara basin [2] revealed many inconsistencies in the impact hypothesis, favoring a tectonic origin and the withdrawal of this site from impact databases [see also: 1, 3, 4]. A reassessment of pumiceous glass from El Gasco (Las Hurdes) revealed the presence of high-temperature and high-pressure mineral phases indicative of an impact origin [lechatelierite, hercynite, ferroan ringwoodite (iron silicate spinel), iron droplets], and allowed to discard a volcanic or anthropogenic origin [5, 6]. The only relatively well-preserved crater morphology is the one at Hervías (La Rioja), although it is still unproven, and more research is needed to test its tectonic or impact origin [7].

Two overall conclusions may be drawn from these latest results with respect to future research: (a) an impact origin should not be assigned unless truly contrasted and unequivocal evidence for impact metamorphism has been found, and (b) the geological record of Spain offers a good potential for studies, and much more research is yet to be done. The quest for evidence for meteoritic impacts in Spain has only begun.

References:

- [1] Díaz-Martínez, E., Sanz-Rubio, E. and Martínez-Frías, J., 2002. Sedimentary record of impact events in Spain. *Geological Society of America Special Paper*, vol. 356, Chapter 40, p. 551-562.
- [2] Cortés, A.L., Díaz-Martínez, E., Sanz-Rubio, E., Martínez-Frías, J., and Fernández, C., 2002. Cosmic impact versus terrestrial origin of the Azuara structure (Spain): a review. *Meteoritics and Planetary Science*, vol. 37, p. 875-894.
- [3] Cortés, A.L., Díaz-Martínez, E., González-Casado, J.M., Aurell, M., and Casas-Sainz, A.M., 2002. Cratered cobbles in Triassic Buntsandstein conglomerates in northeastern Spain: An indicator of shock deformation in the vicinity of large impacts - Comment. *Geology*, vol. 30, no. 1, p. 91.
- [4] Díaz-Martínez, E., Cortés, A.L., and Martínez-Frías, J., 2002. Tectonic and sedimentary evidence refutes an impact hypothesis for the Azuara structure, Spain. 8th Workshop of the ESF IMPACT Programme, Mora. Program, Abstracts and Fieldtrip Book, p. 17.

- [5] Díaz-Martínez, E., Sanz-Rubio, E., Fernández, C., and Martínez-Frías, J., 2001. Evidencia de un pequeño impacto meteorítico en Extremadura: el "volcán" de El Gasco (Las Hurdes). *Geogaceta*, vol. 30, p. 47-50.
- [6] Glazovskaya, L.I., Díaz Martínez, E., Feldman, V.I., and Martínez-Frías, J., 2002. Microprobe study of ringwoodite in pumice from Extremadura (W Spain). 8th Workshop of the ESF IMPACT Programme, Mora. Program, Abstracts and Fieldtrip Book, p. 23.
- [7] Díaz-Martínez, E., Sanz-Rubio, E., Martínez-Frías, J., and Fernández, C., 2001. The Hervías structure (La Rioja): tectonic vs. impact origin. 6th Workshop of the ESF IMPACT Program, Granada. Abstract Book, p. 19.

MAGNETIC FIELDS AND MAGNETIC PROPERTIES IN THE SOLAR SYSTEM

P. Rochette

CEREGE University of Aix-Marseille 3 BP 80, Europôle de l'Arbois 13545 Aix en Provence Cedex 4 France, e-mail: rochette@cerege.fr

Present and past magnetic fields can be created by electric currents -in a internal dynamo, in the ionosphere, solar wind and lightning channel- or by magnetization of matter. Natural remanent magnetization (NRM) may be a record of past fields while present fields can be investigated using spacecrafts. Intensity of magnetic fields is a key issue for understanding early solar system processes. A review of the different aspects of extraterrestrial magnetism will be presented, with an emphasis on the magnetic properties of meteorites.

Magnetic minerals in meteorites can be metallic iron, magnetite and pyrrhotite. Identification and quantification of these minerals can serve as a redox proxy and a classification tool. A magnetic database of magnetic properties of more than 1000 different meteorites from various European collections (including MNCN Madrid) demonstrates the interest of magnetic properties for classification, as each class of meteorite give a very narrow range of values. This allowed to detect several misclassified or misidentified meteorites. The implications in terms of in-situ characterisation of asteroids by robotic exploration, and for interpretation of magnetic field measured around asteroids will be discussed.

Understanding the origin of the strong martian magnetic anomalies, discovered by Mars Global Surveyor, is a major challenge. Magnetic properties of martian meteorites (SNC), mainly carried by pyrrhotite (in shergottites) and titanomagnetite (in nakhlites) can be used to model martian crustal magnetization.. However SNC magnetism is deeply affected by metastable structures, induced either by impact on Mars or by space irradiation.

Finally the present status of the ALH84001 controversy related to magnetism (biogenic magnetite, low temperature transport from Mars to Earth ?) will be briefly reviewed.

References: P.Rochette, Moons' magnetism:from Io present magnetic signature to the past lunar dynamo, *Terra Nova*, 9, 188-191, 1997.

P. Rochette, 2000. Comment on "Initial Measurements of the Lunar Induced Magnetic Dipole Moment using Lunar Prospector Magnetometer Data" by Hood et al.", *Geophys. Res. Lett.*, 27, 1077-1078.

P. Rochette, J.P. Lorand, G. Fillion, V. Sautter' Pyrrhotite and the remanent magnetization of SNC meteorites: A changing perspective on Martian magnetism, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 190, 1-12, 2001.

P. Rochette, Magnetism and the putative early Martian life. Proc. 1st European Workshop on Exo-/Astro-Biology Frascati May 2001, ESA SP-496, 203-206.

P. Rochette, L. Sagnotti, G. Consolmagno, M. Denise, L. Folco, M. Osete, L. Pesonen. Magnetic Classification of stony meteorites: 1. Ordinary chondrites. Met. Planet. Sci., submitted.

IMPACT STUDIES IN PORTUGAL

José F. Monteiro⁽¹⁾, **António Ribeiro**⁽²⁾ & **José Munhá**⁽¹⁾

⁽¹⁾Departamento e Centro de Geologia. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Edifício C-2, Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal. e-mail: jfmontei@fc.ul.pt

⁽²⁾ Departamento de Geologia e Lattex. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Edifício C-2, Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal.

In this work we report the state-of-the-art of our studies in impact geology subjects in Portugal, specially in the following items:

1 -The Tore Seamount as a possible megaimpact crater in deep ocean and its possible inducement of an ejecta layer near the Cenomanian-Turonian boundary, North of Nazaré and a tsunamic deposit at the same boundary in Nazaré;

2 - The Guarda Circular Structure as a possible complex deeply eroded impact crater in Central Portugal.

1. During the TORE-MADERA mission (IFREMER, September-October, 2001, with the TORE MADERA Group) the data gathered allowed the study of the origin and significance of the Tore Seamount. A few dredges revealed the presence of rocks with a texture suggesting impact melt and impact melt breccias. This interpretation must be confirmed by geochemical and isotopic studies in search for the signatures that will characterize the Tore Seamount as an impact structure. The geophysical data (swath bathymetry, bottom imagery, shallow seismic, magnetics and gravimetry) allowed to establish the following: Tore is defined by a central depression attaining 5.5 Km depth, elongated in the NE-SW direction; an eccentric bulge is imaged by the seismic lines below the sedimentary cover; an external ring with depths ranging from 2 to 4 Km defines an elongated ellipse in the NNE-SSW direction with major and minor axes 120 and 90 Km length respectively. We interpret these facts as the evidence of an oblique impact from SW to NE, at ± 90 MA, that should also be responsible for the focusing of its effects in the shore: the possible ejecta breccia at 10 Km N of Nazaré.

The ejecta occurs on top of brecciated limestone of Cenomanian age and consists of polymitic breccia that includes several clasts with diagnostic impact features: glass, microscopic spherules and irregular shard like particles. The main mineralogy of the breccia consists of pyrite, hematite, devitrified glass, quartz and calcite; solid hydrocarbons also occur as surface accumulations and impregnations occupying the pore spaces of the breccia.

Besides these structural and textural features, a geochemical anomaly was detected both in the ejecta and in a green mudstone layer (0 to 50 cm thick) occurring on top of it; the anomalous elemental concentrations are about 5 to 10 times the average continental crustal abundances and include iridium as well as other PGE.

At Nazaré there is a complete section of Cenomanian-Turonian age. Significantly, a sharp stratigraphic discontinuity is observed at the Cenomanian-Turonian boundary, between highly brecciated (Cenomanian) limestones and siliciclastic sandstones (Lousões Formation of Turonian age). We propose that the Lousões Formation reflects a series of complex events resulting from tsunamic activity, related to the disruptive impact event at the end of the

Cenomanian. Indeed, the sandstones display several characteristics that are typical of tempestite deposits (lamination and parallel laminated sediments, cross bedding, sand with fossil debris and collapsed structures as skin slump blocks).

2. In the central part of Portugal, NE of Guarda, not far from the border with Spain, exists a peculiar circular structure, with 35 Km diameter, well evident in the topographic and hydrographic pattern. The structure is centered at $\pm 40^{\circ} 37' N$ and $7^{\circ} 6' W$ in the Beira Alta province. The anomalous circular area was originally noted on ERST 1 and ERTS 3 satellite images and, latter, a Landsat mosaic in multispectral scanner colour composition of channels 7, 5, 4 (with spatial resolution of 80 m) of Central Portugal shows clearly the circular structure which resembles a deeply eroded complex multi-ring impact crater (Grieve, pers. inf.).

Geologically, the structure is situated in the Central Iberian Geotectonic Zone of the Hercynian orogeny. The country rocks are dominated by different types of alkaline and calc-alkaline Hercynian granites and the edge of the structure doesn't coincide with the granite intrusions. Other less representative formations are present: small gabbroic intrusions from the Permian-Triassic age, several quartz and basalt-dolerite dykes, very rich in uranium mineralizations.

In the central area of the structure we found a breccia probably associated with the doleritic dykes. The breccia also forms dykes with various thicknesses and irregular attitudes crosscutting the biotitic calc-alkaline granite. The breccia contains several fragments of the country rocks: granites, minerals and fragments of the gabbros and dolerites, as well as slates from the pre-Ordovician formations. The matrix is dominated by very fine material of different mineralogical composition, sometimes with glassy texture. It was in several fragments of that breccia that we found planar fractures in some quartz grains.

The granite in the central region of the structure also shows evidence of strong deformation, with monomitic brecciation and traces of decorated planar fractures. No clear PDFs were observed. The quartz grains are intensely fractured with some rotation and displacement.

MINERAL ASSEMBLAGE AND GEOCHEMICAL SIGNATURE OF THE EL GASCO PUMICE AND HOST ROCKS (WESTERN SPAIN)

E. Sanz-Rubio¹, E. Díaz-Martínez², J. Martínez-Frías², C.Fernández-Martín², L.Glazovskaya³, V.I.Feldman³ & R.Tagle⁴.

1-Dpto. de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). C/José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, Spain. <mcnsr524@mncn.csic.es>

2-Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Ctra. a Ajalvir km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Spain.

3-Petrology Department. Geological Faculty. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119992, Russia.

4-Institut für Mineralogie. Museum für Naturkunde. D-10099. Berlin and GeoForschungZentrum D-14473 Postdam, Germany.

A small outcrop of pumice near the village of El Gasco (northern Cáceres Province, western Spain) overlies Late Proterozoic turbiditic sandstones and shales. Early reference to the site described it as near circular ($\varnothing < 50\text{m}$) and interpreted the pumice as a rare and “autonomous” volcanic rock with no geochemical similarities to other Cenozoic volcanic rocks of the Iberian Peninsula [1]. Provenance analysis of the sandstones reveals a recycled orogen source, but petrology and geochemistry do not indicate any coeval volcanic contribution [2]. Geomorphological relations suggest a Pliocene or younger age for the pumice rock [1,3].

Sandstone petrography consists mostly of quartz, with minor amounts of plagioclase, K-feldspar, muscovite, chlorite and heavy minerals. The pumice is a highly vesiculated glass with variable amounts of angular and fractured monocrystalline quartz grains together with irregularly-shaped sandstone lithic fragments. XRD, SEM-EDS and microprobe analysis revealed an uncommon mineral assemblage for the pumice [3,4]: fractured quartz within a highly heterogeneous glass, and local glass masses with high Si, K and/or Fe, including lechatelierite and diaplectic glass [4]. Ferroan ringwoodite (iron silicate spinel) and hercynite were initially identified by XRD in the pumice rocks [3] and later confirmed by microprobe studies [4]. They are present as elongated dendrites (rarely $> 100\mu\text{m}$) and short stubby crystals (rarely $> 10\mu\text{m}$) grouped in clusters. Native iron spheroids, iron oxide crusts and ilmenite have also been identified [3,4]. All these minor phases are most frequently located near vesicle walls. The geochemistry (major, trace and rare earth elements) shows remarkable similarity between the siliciclastic host rock and the pumice. Inter-element ratios of siderophile elements show the same trend. PGEs and Au do not show any significant geochemical anomaly. All these data confirm that the El Gasco pumice originated from partial fusion of the local substrate. The mineral assemblage, and the chemical heterogeneity of the glass, suggest formation of the pumice by chemical differentiation from a siliceous melt during rapid cooling.

References:

- [1] García de Figuerola, L.C., 1953. Nota sobre el volcán de El Gasco, Las Hurdes (Cáceres). *Estudios Geológicos*, 9: 385-393.
- [2] Ugidos, J.M., Armenteros, I., Barba, P., Valladares, M.I., and Colmenero, J.R. 1997. Geochemistry and petrology of recycled orogen-derived sediments: a case study from Upper Precambrian siliciclastic rocks of the Central Iberian Zone, Iberian Massif, Spain. *Precambrian Research*, 84: 163-180.

- [3] Díaz-Martínez, E., Sanz-Rubio, E., Fernández, C., and Martínez-Frías, J., 2001. Evidencia de un pequeño impacto meteorítico en Extremadura: el "volcán" de El Gasco (Las Hurdes). *Geogaceta*, 30: 47-50.
- [4] Glazovskaya, L.I., Díaz-Martínez, E., Feldman, V.I., and Martínez-Frías, J., 2002. Microprobe study of ringwoodite in pumice from Extremadura (W Spain). 8th Workshop of the ESF IMPACT Programme, Mora. Program, Abstracts and Fieldtrip Book, p. 23.

POSIBLE ASTROBLEMA EN TARRAGONA-ALTAFULLA.

Narcís Carulla Gratacòs

Se cita un "Clot" (una depresión puntual, hoyo o embudo) parecido a una dolina en un entorno geológico donde no aparecen este tipo de formas (subsuelo de calcarenitas y calcisiltitas miocénicas potentes sobre sustrato cretácico) en los alrededores de Tarragona-Altafulla, con la posibilidad de que se trate de un astroblema dado que:

- a. No hay morfologías cársticas en estos niveles calcisiltíticos ni alrededores
- b. No parece ninguna cantera antigua (romana o reciente)
- c. Aparecen, en un entorno pluriquilométrico, dentro del suelo subactual y a veces dentro de algún caliche reciente, elementos pétreos oscuros siempre angulosos (no rodados), repartidos ampliamente, semejantes a carbonatitas (s.l.) micríticas oscuras de génesis desconocida.
- d. Etimológicamente "Clot de l'oli", recuerda al "clot del bòlid" meteoro o bólido en catalán.

En cualquier caso se quiere dejar constancia de estos hechos, para ser estudiados y aclarados.

CAUSES, PROCESSES AND CONSEQUENCES OF TSUNAMIS. STUDIES ON THE AD 1755 TSUNAMI (LISBON).

Costa P.¹, Leroy S.¹ & Dinis J.².

¹Department of Geography and Earth Sciences, Brunel University, Uxbridge, UB8 3PH, Middlesex, United Kingdom

²Departamento de Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, Largo Marques de Pombal 3000-272 Portugal

A tsunami is an oceanic gravity wave generated by earthquakes, volcanoes, landslides and meteorite impact. A phenomenon like a tsunami can provoke vast destruction in coastal areas owing to the height of the wave and its speed.

Historically, Portugal and Spain, being countries intimately related to the sea, have always had concerns with natural hazards in their coastal areas. However the study of tsunamis in Iberia is relatively recent. The most important event, in the last 500 years, for the Iberian Atlantic coast was the AD 1755 tsunami that followed a magnitude 8 earthquake. The historical description and consequences of the AD 1755 tsunami and a brief review of the tsunamis that occurred in the Iberian Peninsula coasts is presented. Although not frequent in the Portuguese and Spanish shores, approximately 40 tsunamis have been registered by historical and field survey data in the last 2000 years in the Atlantic and in the Mediterranean coasts of Iberia. The Gorringer Bank (SW of Cape St. Vincent) has been the source of many earthquakes and tsunamis that struck the Iberian Atlantic Coast. It is probably the most important tsunamigenic area in Europe.

Due to their huge power, tsunamis can transport marine organisms and sediments far inland. The study of sediments deposited by past tsunamis in lakes and lagoons provides vital information about potential changes either in the coastal morphology or in the environment of coastal areas.

A series of lakes and coastal lagoons are being studied along the Portuguese coast with the aim of:

- Discovering and studying the 1755 tsunami sediment layer
- Understanding the environmental effects of the 1755 tsunami
- Detecting major environmental changes in that geographical area, since then.

The sites selected will allow conducting a multiproxy study with a high time resolution.

The techniques to be used include magnetic susceptibility, sediment visual description, Pb²¹⁰ and Cs¹³⁷ dating and a range of sedimentological and palaeoecological proxies with the focus of obtaining well-dated tsunami indicators such as salinity changes, grain size changes, erosive and compaction microstructures. We will also use historical data to collect complementary information about the effects of the tsunami and to reinforce the age-depth model of the sedimentary sequences.

EXPLORANDO EL ESPACIO DESDE EL CIBERESPACIO

Daniel Slepikas

OEPT

Explorar el espacio hasta ahora a sido privilegio de pocos, hoy tanto información, imágenes, desarrollos tecnológicos, etc. están poniéndose al alcance de todos, siempre que sepamos cómo acceder, y esta es, paradójicamente, una de las mayores barreras en muchos casos.

Participar en desarrollos de tecnología, proyectos de investigación, discusiones entre amateurs y profesionales, cursos, congresos virtuales, utilizar remotamente un telescopio, o disponer de las imágenes del observatorio más avanzado o datos de una sonda, etc. se ha hecho posible gracias a Internet.

Espacio Para Todos ha nacido literalmente en el ciberespacio, cómo respuesta a esta necesidad de integración, formación, participación, donde se han comenzado a trazar desde proyectos científicos, tecnológicos, de información y formación en todos los niveles desde el profesional hasta el escolar. Hoy cuenta ya con sedes en varios países y adhesiones de numerosos profesionales e instituciones.

Para lograrlo, se han puesto en marcha varias líneas de trabajo: el desarrollo de una Biblioteca, un Museo y un Campus Virtuales, secciones y equipos de trabajo en distintas áreas, que están preparando proyectos tecnológicos y científicos, programas de integración con los jóvenes y escolares, y más. Todo esto utilizando como herramienta principal internet.

Centraremos la exposición en brindar un panorama general, de las herramientas que se disponen y cómo acceder a ellas, así como del programa de cursos y grupos de trabajo implementados y a implementar para que tanto profesionales como amateurs puedan acceder, participar y crecer en este nuevo mundo de posibilidades.

Mesa Redonda

ASTROBIOLOGÍA AMATEUR Y PROFESIONAL, PRESENTE Y FUTURO"

Moderador: Daniel Slepikas

Objetivo:

Resumir el panorama actual de la Astrobiología, tanto en investigación, formación, información, difusión, nicho laboral profesional, etc. El rol de las asociaciones amateurs e investigadores independientes. Debate de intenciones de las agencias espaciales en este campo de cara al futuro. Definición de cuales deberían ser las líneas a seguir por las instituciones gubernamentales y no gubernamentales (asociaciones como la nuestra). ¿cómo deberían articularse?

Estimaciones de encontrar vida en nuestro sistema solar. Cuáles deberían ser los próximos objetivos, luego de Marte y Europa. Estado actual de las distintas teorías sobre el origen de la vida, y los tipos de vida con los que nos podríamos encontrar.

Presentación del Programa GENESIS de EPT (Estrategias para implementar experimentos y misiones que permitan aportar información científica para decifrar el origen de la vida en la tierra y el cosmos), plan de desarrollo de una sonda de captura de muestras estratosféricas y polvo cósmico <http://www.oept.org/genesis>

Química prebiótica interestelar y terrestre. Valoración de las extrapolaciones de los conocimientos sobre extremófilos y posibles formas de vida unicelulares extraterrestres. La importancia del estudio de los extremófilos y formas primitivas.

Presentación del HAB-AR (Habitáculo experimental para Marte de EPT-AR), como base de pruebas para experimentos astrobiológicos, astropaleontológicos y de geología planetaria. <http://ar.oept.org>

Presentación del Proyecto SETI-Robledo (Estudio de viabilidad de incorporar un espectrómetro para escuchas SETI y mejorar las capacidades para radioastronomía en el Radiotelescopio de 34 mts afectado al programa PARTNeR, en Madrid), impulsado por Astroseti.org (Grupo Miembro de EPT), propuesta que cuenta con el apoyo del Consejo Nacional de Radioastronomía (Italia) y la Universidad de Berkeley, California. A la fecha se espera la aprobación de las autoridades responsables del Radiotelescopio <http://radio.oept.org>

Nueva estimación de la Probabilidad de encontrar vida inteligente en estrellas cercanas, a la luz de los nuevos descubrimientos sobre planetas extrasolares.

Nota: Sobre esta base se establecerán las nuevas líneas de investigación a mediano y largo plazo, en la que se priorizará la integración de amateurs especialistas, estudiantes avanzados, universidades y centros de investigación. En las que el EPT concentrará todo su potencial en pro de unificar esfuerzos, al tiempo que se crean canales de formación y participación.

THE MARS EXPRESS MISSION AND ASTROBIOLOGY

A.F. Chicarro

European Space Agency, Space Science Department, ESTEC/Code SCI-SB, Postbus 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands (email: agustin.chicarro@esa.int).

The European Space Agency and the scientific community have performed concept and feasibility studies for more than ten years on potential future European missions to the red planet (*Marsnet*, *Intermarsnet*), focusing on a network of surface stations complemented by an orbiter, a concept which is being implemented by the CNES-led *Netlander* mission to be launched in 2005. Before that, however, the ESA *Mars Express* mission includes an orbiter spacecraft and a small lander module named *Beagle-2* in remembrance of Darwin's ship *Beagle*. The mission, to be launched in 2003 by a Russian Soyuz rocket, will recover some of the lost scientific objectives of both the Russian *Mars-96* mission and the ESA *Intermarsnet* study, following the recommendations of the International Mars Exploration Working Group (IMEWG) after the failure of *Mars-96*, and also the endorsement of ESA's Advisory Bodies that *Mars Express* be included in the Science Programme of the Agency.

The specific scientific objectives of the *Mars Express* orbiter are: global high-resolution imaging with 10 m resolution and imaging of selected areas at 2 m/pixel, global IR mineralogical mapping, global atmospheric circulation study and mapping of the atmospheric composition, sounding of the subsurface structure down to the permafrost, study of the interaction of the atmosphere with the surface and with the interplanetary medium as well as radio science. The goals of the *Beagle-2* lander are: geology, geochemistry, meteorology and exobiology of the landing site.

The scientific payload on the *Mars Express* orbiter includes a Super/High-Resolution Stereo Colour Imager (HRSC), an IR Mineralogical Mapping Spectrometer (OMEGA), a Planetary Fourier Spectrometer (PFS), a Subsurface-Sounding Radar Altimeter (MARSIS), an Energetic Neutral Atoms Analyser (ASPERA), an UV and IR Atmospheric Spectrometer (SPICAM) and a Radio Science Experiment (MaRS). The *Beagle-2* lander includes a suite of imaging instruments, organic and inorganic chemical analysis, robotic sampling devices and meteorological sensors (see **Table 1**).

The Mars Express mission will address the issue of astrobiology on Mars both directly and indirectly. The majority of instruments on the orbiter will look for indications of favourable conditions to the existence of life, either at present or during the planet's past, and in particular for traces of liquid, solid or gaseous water. Therefore, the HRSC camera will take pictures of ancient riverbeds, the OMEGA spectrometer will look for minerals with OH⁻ radicals formed in the presence of water, the MARSIS radar will look for subsurface ice and liquid water, the PFS and SPICAM spectrometers will analyse water vapour in the atmosphere, and finally ASPERA and MaRS will study neutral atom escape from the atmosphere, in particular O₂ coming from water and carbonates. The instruments on *Beagle-2* will also look for the presence of water in the soil, rocks and the atmosphere, but will also try to find traces of life with direct measurements, such as presence of methane (CH₄) indicative of extant life and a larger amount of the light C¹² isotope compared to the heavier C¹³, which would even indicate the existence of extinct life. Since NASA's Viking mission in 1976, it is the first time that the exhaustive search for life is so central to a space mission to Mars.

Current design estimates allow for an orbiter scientific payload of about 110 kg and 65 kg total lander mass (at launch) compatible with the approved mission scenario. The Beagle-2 lander was selected due to its innovative scientific goals and challenging payload. Beagle-2 will deploy a sophisticated robotic-sampling arm, which could manipulate different types of tools and retrieve samples to be analyzed by the geochemical instruments mounted on the lander platform. One of the tools to be deployed by the arm is a 'mole' capable of subsurface sampling to reach soil unaffected by solar-UV radiation, another is a corer/grinder to reach the rock under the weathering varnish.

A Soyuz-Fregat launcher will inject a total of about 1200 kg into Mars transfer orbit in early June 2003, which is the most favorable launch opportunity to Mars in terms of mass in the foreseeable future. The Mars Express orbiter is 3-axis stabilized and will be placed in an elliptical martian orbit (250 × 10142 km) of 86.35 degrees inclination and 6.75 hours period, which has been optimized for communications with Beagle-2, the *Netlanders*, as well as NASA landers or rovers to be launched both in 2003 and 2005. The Beagle-2 lander module will be independently targeted from separate arriving hyperbolic trajectory, enter and descend through the martian atmosphere in about 5 min, and land with an impact velocity <40 m/sec and an error landing ellipse of 100 × 20 km. A preliminary Beagle-2 landing site has been selected in the Isidis Planitia area (10.6° N, 270° W). The nominal mission lifetime of one martian year (687 days) for the orbiter investigations will be extended by another martian year for lander relay communications and to complete global coverage. The Beagle-2 lander lifetime will be of a few months.

Table 1: MARS EXPRESS SCIENTIFIC PAYLOAD

Acronyms	Instruments	Principal Investigators	Countries
Orbiter			
HRSC	Super/High-Resolution Stereo Colour Imager	G. Neukum	D, F, RU, US, FI, I, UK
OMEGA	IR Mineralogical Mapping Spectrometer	J.P. Bibring	F, I, RU
PFS	Atmospheric Fourier Spectrometer	V. Formisano	I, RU, PL, D, F, E, US
MARSIS	Subsurface-Sounding Radar/Altimeter	G. Picardi & J. Plaut	I, US, D, CH, UK,DK
ASPERA	Energetic Neutral Atoms Analyzer	R. Lundin & S. Barabash	S, D, UK, F, FI, I, US, RU
SPICAM	UV and IR Atmospheric Spectrometer	J.L. Bertaux	F, B, RU, US
MaRS	Radio Science Experiment	M. Paetzold	D, F, US, A
Lander			
BEAGLE-2	Suite of imaging instruments, organic and inorganic chemical analysis, robotic sampling devices and meteo sensors	C. Pillinger & M. Sims	UK, D, F, HK, CH

ESA provides the launcher, the orbiter and the operations, while the Beagle-2 lander is delivered by an UK-led consortium of space organizations. The orbiter instruments are provided by scientific institutions through their own funding. In addition to relaying the data from the Beagle-2 lander to Earth, Mars Express will also service landers and rovers from other agencies during its nominal/extended lifetime. The ground segment includes the ESA station at Perth, Australia, and the mission operations centre at ESOC. The *Mars Express* mission is now in Phase-C/D, with Astrium (formerly Matra Marconi Space) in Toulouse, France, as its Prime Contractor and involving a large number of European companies.

International collaboration, either through the participation in instrument hardware or through scientific data analysis is very much valued to diversify the scope and enhance the scientific return of the mission, such as NASA's major contribution to the subsurface-sounding radar, and the use of its DSN for increased science data downloading and critical manoeuvres. Also, arriving at Mars at the very end of 2003, *Mars Express* will be followed by the Japanese *Nozomi* spacecraft a few days later. Both missions are highly complementary in terms of orbits and scientific investigations; *Nozomi* focusing on the study of the upper atmosphere of Mars as well as the interaction of the solar wind with the ionosphere from a highly elliptic equatorial orbit. Close cooperation, including scientific data exchange and analysis, is foreseen by the *Nozomi* and *Mars Express* teams within a joint ESA-ISAS programme of Mars exploration.

For more details on the *Mars Express* mission and its Beagle -2 lander:
<http://sci.esa.int/marsexpress/> and <http://www.beagle2.com/>

TRANSFORMACIÓN DE MOLÉCULAS ORGÁNICAS PRESENTES EN CONDRIAS CARBONÁCEAS DURANTE PROCESOS HIDROTERMALES

Jordi Llorca^(1,2)

⁽¹⁾Departament de Química Inorgànica. Universitat de Barcelona. c/Martí i Franquès 1-11. 08028 Barcelona.

⁽²⁾Institut d'Estudis Espacials de Catalunya. Ed. Nexus. c/Gran Capità 2-4. 08034 Barcelona. jordi.llorca@qi.ub.es

Las condritas carbonáceas contienen una gran variedad de moléculas orgánicas con un grado de complejidad estructural elevado y con un amplio abanico de grupos funcionales. Por ejemplo, en el meteorito de este tipo analizado con más detalle, Murchison, caído en Australia en febrero de 1969, se han identificado más de seiscientas moléculas orgánicas distintas además de estructuras poliméricas [1]. El origen preciso de este material orgánico se desconoce, pero todo parece indicar que en realidad se formó a través de un conjunto de procesos que tuvieron lugar en distintos enclaves del universo [2]. Las anomalías isotópicas de C, H y N sugieren que algunos de los precursores iniciales de las moléculas orgánicas se sintetizaron en el espacio interestelar, tanto por reacciones en fase gas como por la acción de radiaciones ionizantes sobre los mantos orgánicos congelados que aparentemente rodean a los granos interestelares. Por otro lado, a través del estudio de las fases minerales presentes en partículas de polvo interplanetario capturadas en la estratosfera terrestre, se ha demostrado experimentalmente que en la nébula solar tuvieron lugar reacciones catalíticas en fase heterogénea [3-5]. En estos experimentos, a partir de H₂, CO y H₂S y bajo condiciones nebulares se obtuvieron alcanos, alquenos y tioles cuando se utilizó camacita como catalizador. No obstante, para que tenga lugar la síntesis de moléculas orgánicas más complejas hace falta un entorno protegido donde se den las condiciones de reacción necesarias.

En el caso de las condritas carbonáceas tales condiciones pudieron darse durante los procesos hidrotermales que afectaron a los cuerpos asteroidales progenitores. En efecto, el estudio mineralógico de las condritas carbonáceas que contienen una mayor concentración y variedad de moléculas orgánicas, los tipos CM y CI, demuestra que los cuerpos progenitores sufrieron procesos hidrotermales intensos que provocaron la transformación de las fases minerales iniciales principalmente a filosilicatos y tochilinitas [6-8].

En este trabajo se ha llevado a cabo el estudio experimental de la transformación de los hidrocarburos y tioles sintetizados en las simulaciones anteriores en condiciones supuestamente similares a las inducidas por los procesos de alteración hidrotermal que afectaron a los cuerpos progenitores de las condritas carbonáceas del tipo CM y CI. La transformación de alquenos a alcoholes y ácidos carboxílicos ($RCH=CH_2 \rightarrow RCH_2CH_2OH \rightarrow RCH_2COOH$), de tioles a ácidos sulfónicos ($RCH_2SH \rightarrow RCH_2SO_3H$) y la aparición de estructuras poliméricas tiene lugar de manera efectiva bajo condiciones hidrotermales (P=10-100 kPa, T=375-575 K) en la presencia de filosilicatos y fases metálicas de hierro y níquel. En cambio, las condritas ordinarias y el meteorito Allende (condrita carbonácea del tipo CV) pulverizados apenas catalizan de manera efectiva la transformación de estas moléculas sencillas.

- [1] Cronin, J.R. and Chang, S. (1993) *The Chemistry of Life's Origins*, p. 209-258. Kluwer Acad. Pub. [2] Llorca, J. (1998). Publ. Univ. Int. Menéndez Pelayo, 7027/2, 19-37. [3] Llorca, J. and Casanova, I. (1998). *Meteorit. Planet. Sci.* 33, 243-251. [4] Llorca, J. (1999) *Phys. Chem. Earth* 24, 591-595. [5] Llorca, J. and Casanova, I. (2000). *Meteorit. Planet. Sci.* 35, 841-848. [6] Llorca, J. and Brearley, A.J. (1992) XXIII Lun. Planet. Sci. Conf. 794-795. [7] Llorca, J. (1992) III Congr. Geol. Esp. 2, 542-546. [8] Llorca, J. (1995) VI Congr. Geoquím. Esp. 11031-11037.

GEOCHEMISTRY OF SITES OF ASTROBIOLOGICAL INTEREST ON THE SURFACE OF MARS: THE SEARCH FOR EVAPORITES

I. Casanova^(*) & A. Cid

Laboratory for Earth and Planetary Exploration, Universitat Politècnica de Catalunya. Campus Nord, Modulo B1. 08034 Barcelona, SPAIN. e-mail: ignasi.casanova@upc.es; alexiacid@hotmail.com

^(*)To whom correspondence should be addressed

Detailed knowledge of the mineralogy of the Martian surface can provide important constraints not only on geological processes but also on climate evolution and exobiological potential. Current data on Martian mineralogy stem from the study of SNC meteorites and, indirectly, from chemical analyses carried out by the XRF and APXS instruments aboard the Viking 1&2 (V1, V2) and Pathfinder (MPF) missions, respectively. The detection of S and Cl on the Martian surface by V1, V2 and MPF, together with the strong correlation between the S/Si and Cl/Si ratios strongly suggest that evaporite minerals constitute an important component of the Martian surface where Mg and Ca sulphates are probably the dominant species. A variety of mechanisms are possible for the production of S- and Cl-bearing evaporite minerals, including evaporation of liquid water in a low-humidity atmosphere and/or sublimation of ice to a cold trap. In either case, the formation of concentrated brines is likely to have occurred on the surface of Mars. Sulphur contents in Martian rocks (0.3-1.6 wt.% MPF site) are significantly lower than in soil materials (2.7-4.9 wt.% V1 site, 4.1-6.1 wt.% V2 site, and 1.6-2.7 wt.% MPF site), indicating that soils are the source of such possible evaporite component and S contents of rocks are probably due to the presence of a thin layer of "contaminant" dust covering their surfaces. Seasonal dust storms have undoubtedly contributed to the mixing and chemical homogenization of unconsolidated surface materials at a global scale, as evidenced by compositional data from V1, V2 and MPF. However, an exception to this rule is illustrated by the variability of the S/Cl ratio in the soils analyzed in these three landing sites, with average values of 4.4, 10.7 and 3.6, respectively. Potential locations where evaporite deposits may form have been identified on the surface of Mars; specifically, at least 5 Martian impact crater paleolakes (including closed-, open-system and lake chain basin types) have been reported to possibly contain evaporites. Terrestrial brines are commonly dominated by chlorides, since sulphates are removed by a variety of processes such as bacterial reduction leading to sulphides. There is however an interesting case (Eddy Co. Brine, New Mexico; [9]) where the S/Cl ratio reaches an exceptionally high value of about 4.5, comparable to those measured on the Martian soils. Mg-sulphates are probably the dominant evaporitic component in the Martian surface. Calculations from available V1 and MPF data, assuming that all sulphur is in the form of sulphates, yield values of 24.8 ± 5.5 and 37.0 ± 3.0 wt.% $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (epsomite) in the analyzed soils. Given the important exobiological potential of evaporitic deposits (e.g. for the identification of halophile bacteria), identification of such materials should be a priority in Mars exploration programs. Such potentially high concentrations of epsomite (or related Mg-sulphates) in the Martian soils can, in principle, be detected from orbit through mid-IR spectroscopy. Major Martian IR absorption features for sulphate and bi-sulphate species appear at wavelengths of 8.7 and 9.8 μm ; the IR spectrum for epsomite unsieved coarse powder shows the most prominent absorption feature at 9.0 μm ; this is unfortunately close to the CO_2 9.2 μm absorption band and, consequently, makes sulphate detection from orbit very difficult due to the Martian atmosphere.

POSTERS

EL CICLO HIDROLÓGICO EN MARTE

Fernando López-Vera¹ & J. Martínez-Frías²

1 Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, Ctra. de Colmenar, km.15 28049 Madrid. e-mail: fernando.lopez-vera@uam.es

2 Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Crtra. a Ajalvir km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Spain e-mail: martinezfrias@mncn.csic.es

Hasta la misión del Mariner 9, en 1971, no se supo que el pasado de Marte fue muy distinto a lo que observamos en la actualidad. Los últimos datos recogidos por la sonda Mars Pathfinder, y en especial por el “rover” Sojourner, y otras misiones posteriores (ej Mars Global Surveyor, 2002 Mars Odyssey) han supuesto un avance excepcional en el conocimiento de la composición y procesos desarrollados, a lo largo de su compleja historia geodinámica. Existen abundantes evidencias geomorfológicas que indican que en el pasado marciano un “ciclo del agua” con lagos, valles y canales fluviales, mares, océanos e incluso actividad hidrotermal. Marte posee hielo en sus dos casquetes polares, y parece que se trata además de hielo de agua, al menos en los niveles más superficiales de algunas zonas. También se ha detectado agua en la atmósfera, en forma de vapor, y se ha descubierto que el regolito (suelo) marciano contiene agua adsorbida y enlazada químicamente en proporciones de 1 hasta incluso 30% en peso. De acuerdo con los datos obtenidos, los principales componentes del suelo de Marte son minerales silicatados (79-84%), minerales magnéticos (3%), sulfatos (12%), cloruros (1%), carbonatos (0-4%) y nitratos (0-1%), con una proporción total de agua que podría alcanzar el 1%. De todos ellos, llama especialmente la atención la más que posible existencia de sales hidratadas, como epsomita ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e hidrohilita ($\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que se suponen formadas en cuencas probablemente evaporíticas (ej. cuencas de Argyre y Hellas).

De acuerdo con Head¹, el ciclo hidrológico en Marte ha consistido en una criosfera más o menos continua que cubre el 80% de su historia geológica, con agua líquida emergiendo ocasionalmente a la superficie durante eventos magmáticos que rompieron dicha criosfera. Imágenes recientes revelan estructuras que apuntan a la existencia de megainundaciones, torrenteras, lagos, zonas no-craterizadas (jóvenes) cubiertas por suelos poligonales. etc. Las posibilidades de que un ciclo hidrológico similar al actualmente existente en la Tierra, funcionara durante los estadios del Marte primitivo, hacen cada vez más plausible su investigación astrobiológica.

1 Head, J.W. (2002) The hydrological cycle in the last 80% of Mars history: Sources, locations, residence times, stability, duration and evolution of H_2O Lunar and Planetary Science XXXIII (2002) 1724.pdf

NEAR-EARTH OBJECTS OBSERVATIONS WITH THE NETWORK OF ROBOTIC TELESCOPES OF INTA, OPERATED BY CAB

David Galadí-Enriquez

We present the profile, capabilities, principles of operation and first results obtained with the network of robotic telescopes of INTA, operated by Centro de Astrobiología (CAB). Specifically, we deal with the application of this network to the automated observation of minor bodies in the Solar System, specially Near-Earth asteroids. We describe the tools developed to obtain astrometric and photometric data with our instruments.

THE METEORITE COLLECTION OF THE NATIONAL MUSEUM OF NATURAL SCIENCES, MADRID, SPAIN.

M.J. Muñoz-Espadas⁽¹⁾, J. Martínez-Frías⁽²⁾, R. Lunar⁽³⁾, B. Sánchez⁽¹⁾, & J. Sánchez⁽¹⁾.

⁽¹⁾Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. C. José Gutiérrez Abascal 2. 28006. Madrid (Spain). e-mail: majem@mncn.csic.es; bego@mncn.csic.es

⁽²⁾Centro de Astrobiología. CSIC-INTA, Crta. de Torrejón a Ajalvir, km 4. Torrejón de Ardoz. 28850. Madrid (Spain). e-mail: martinezfrias@mncn.csic.es

⁽³⁾Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Avd. Complutense s/n. 28040 Madrid (Spain). e-mail: lunar@geo.ucm.es

A general revision of the information available on the collection of meteorites hosted by the National Museum of Natural Sciences of Madrid (MNCN) reflects differences in the weight of some specimens due to recent scientific exchanges and studies. All this makes the re-elaboration of the catalog necessary. The catalog presented includes 88 stony meteorites, 56 iron meteorites, 13 stony-iron meteorites, and 14 tektites.

This meteorite collection is the most important in Spain. It was first organised by the Marquis of Socorro, during the second half of the XIX century (1866-1882), based on several specimens stored in the Museum, and several later exchanges and acquisitions. In 1886, the collection included 68 pieces of meteorite corresponding to 64 specimens (including falls or finds). When the geologist Salvador Calderón became the head of the Mineralogy Section of the Museum (1901-1910), meteorites received special attention and there was a significant increase in the number of specimens thanks to exchanges with private collectors and other Museums. In 1916, 99 specimens from 94 falls or finds, were listed and by 1923 the collection contained 168 specimens. This total was increased in the following decades thanks to private donations. Some new acquisitions have been made, with one case deserving special attention. In 1994 a supposed meteorite fell in the town of Getafe (South Madrid). This larnite-rich ultrarefractory rock does not match any of the previously classified meteorites, and has therefore been included in the catalogue as pseudometeorite.

In the present work, we also review the studies performed on this meteorite collection by Spanish researchers, sometimes in collaboration with foreign research groups. These comprise historical reviews of the impacts, previous listings, petrological and geochemical studies, and isotopic dating.

INCONSISTENCIES OF THE CATASTROPHIC HYPOTHESIS FOR THE ORIGIN OF MIRANDA'S CORONAE

Álvaro González

Departamento de Ciencias de La Tierra. Universidad de Zaragoza. c/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza (Spain). E-mail: Alvaro.Gonzalez@posta.unizar.es

The small, icy Uranian moon Miranda is characterized by two different kinds of terrain: ancient cratered plains and three resurfaced areas, trapezoidal to ovoid in shape, called coronae. These young features have no known counterpart in the Solar System, and their origin is still not understood. It was suggested that an extrapolation of the population of large, ancient craters recorded on the Uranian satellite Oberon inward to the inner satellites would imply a cratering over-saturation of the inner satellite surfaces. This means that Miranda (which is the innermost of the five mayor Uranian moons, and consequently the most affected by the gravitational focusing of Uranus) could have been disrupted by large impacts. After a disruption, the satellite would have been reaccreted, and the process of disruption and reaccumulation could have taken place several times over the history of Miranda. During the last reassembly, dense, proto-Miranda fragments would have impacted on the surface of the moon and sunk slowly through its mantle. Each corona would have resulted from the concentric, compressive, tectonic stress field induced on the base of the lithosphere by the convection cell generated in the mantle by one of these sinkers. A revision of this catastrophic hypothesis follows.

Taking into account the diameter of the largest craters on Oberon and Titania, the gravitational focusing of Uranus, and crater size scaling relations, it can be shown that large enough impactors existed in the Uranian system to produce craters on Miranda with diameters comparable to Miranda's own diameter. However, it is not clear whether such impacts would be able to disrupt Miranda or not. Moreover, the actual probability of such an event is also unknown.

Numerical models have shown that the reaccumulation of Miranda following a disruption event is a fast process (about a few thousand years). Crater counts indicate that coronae are several billion years younger than the surrounding cratered plains, so if Miranda was disrupted and reaccreted, coronae could not have been formed as a result of reaccretion, because they would be almost identical in age to the neighbouring terrains. Furthermore, there is not any known feature on the surface of Miranda unequivocally interpreted as formed by disruption or reaccretion.

New cartographic projections of coronae and a careful examination of their tectonic structures show that, contrary to current scientific consensus, coronae are not concentric in shape. They display a complex set of tectonic features, which includes extensional, compressional and strike-slip belts. Therefore, they do not correspond with the concentric, compressive, tectonic expression expected from the sinking of dense impactors through Miranda's mantle.

A new hypothesis for the origin of Miranda's coronae is currently being outlined, supported by previous approaches that apply familiar tectonic processes to the icy composition and low gravity of Miranda. Meanwhile, it can be concluded that the catastrophic hypothesis for the origin of coronae appears to be the most complex and unnecessary, so, applying the Ockham's Razor, it should be rejected.

LA MODELIZACIÓN A ESCALA DE CRÁTERES DE IMPACTO COMO RECURSO DIDÁCTICO

Álvaro González Gómez & Javier B. Gómez Jiménez

Departamento de Ciencias de La Tierra. Universidad de Zaragoza. c/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza (España). Correos electrónicos: Alvaro.Gonzalez@posta.unizar.es, jgomez@posta.unizar.es

El rasgo geológico más común en las superficies sólidas de los planetas y satélites del Sistema Solar son sin duda los cráteres de impacto. La formación de estas estructuras debiera ser, por tanto, uno de los puntos imprescindibles que tratar en la enseñanza de la geología planetaria y, también, de la geología convencional. La modelización a escala de los cráteres de impacto se ha empleado con frecuencia para realizar extrapolaciones a cráteres de mayor tamaño, utilizando los argumentos del análisis dimensional. Algunas de estas experiencias de modelización son sencillas, vistosas y susceptibles de un tratamiento matemático simple y efectivo; además, son idóneas para realizarse en equipo. Todo ello permite utilizarlas como un buen recurso didáctico, que puede emplearse como complemento a las explicaciones teóricas sobre la formación de cráteres de impacto.

La superficie planetaria donde se genera el cráter puede simularse empleando una variedad de materiales en polvo, baratos y de fácil obtención (tales como harina, arena fina o polvos de escayola), colocados en un recipiente adecuado y alisados. Si se añade una fina capa de polvo de ténpera o de tiza de color sobre la superficie alisada se resaltarán más los efectos del impacto. Para simular los impactores pueden emplearse pequeñas esferas de acero o roca, de masa conocida, que se dejan caer desde diferentes alturas. Estos experimentos permiten realizar varias observaciones interesantes:

a) Experimentando con proyectiles de diferentes masas, y especialmente, dejándolos caer desde diferentes alturas, se puede deducir que cuanto mayor es la energía cinética del impacto, mayor es el tamaño del cráter que se forma. De hecho, se cumple que el diámetro del cráter es aproximadamente proporcional a la raíz cúbica de la energía cinética del impactor, que a su vez es igual a la energía potencial que tenía éste a la altura desde la que se dejó caer. Esta relación es semejante a la calculada para los cráteres de impacto reales.

b) Los cráteres secundarios y rayos pueden obtenerse en estos experimentos sin dificultad. Si se modifica el ángulo de impacto, los rayos serán más numerosos y más largos en la dirección y sentido del movimiento del proyectil.

c) Debido a las bajas velocidades de los impactos en estos experimentos a escala en comparación con las implicadas en impactos reales, los cráteres de laboratorio serán más pequeños en relación al tamaño del impactor que los cráteres reales. Serán asimismo simples, sin levantamientos centrales ni paredes aterrazadas, y pueden no mostrar bordes elevados. Además, a diferencia de lo que es usual en cráteres reales, el proyectil sobrevive al impacto. Experimentar con estas diferencias invita a discutir en el aula cómo varían estas propiedades con el tamaño del cráter, y hasta qué punto son extrapolables los resultados de laboratorio a cráteres de un tamaño varios órdenes de magnitud mayor.

MINERAL FORMS OBTAINED BY EXPERIMENTAL MODELING RESEMBLE BACTERIA

A.A. Marakushev¹, L.I. Glazovskaia¹ & N.I. Suk²

¹ Petrology Department, Geological Faculty, Lomonosov Moscow State University, 119992, Russia (glazov@geol.msu.ru)

² Institute of Experimental Mineralogy, Chernogolovka., Russia

Coccolidal, tubular and globular forms found in C-chondrites and ancient phosphorites are sometimes related to the presence of microorganisms [1, 2]. Through the study of the morphology of abiogenic substances on a nanometre scale, we have found surprising similarities between microforms in phosphorite and modern cells of the alkaliphilic cyanobacterium *Synechocystis salina* Wisl (fig. 1) present in algal mats [1]. Our petrological study of rocks and minerals revealed many microforms with globular and tubular shapes. We tested the possibility of an abiogenic origin of bacteria-like shapes. We do not refute the presence of pseudomorphs of bacterial cells in any case, but our experiments show that we can obtain bacteria-like forms as a result of crystallization of substances from superdensity colloidal solutions (fig. 2). We performed a series of experiments with different mixtures of inorganic compounds. One of the mixtures was of CaCO₃ (50 mg), NaPO₃ (50 mg) and H₂O (15 mg), under the following conditions: T - 500°C, P - 500 atm, duration - 7 days. The resulting compounds were studied under SEM (Camscan 4-DV) with energy dispersion device (Link AN 10000) and secondary electron scattering (fig. 2).

The abiogenic nature of some carbonaceous substances has been proven [3, 4]. The hydrogen to deuterium ratio (H/D) of organic substances in C-Chondrites ranges between 5210-6520, which is significantly lower than the ratios obtained from biogenic substances in Earth sediments (6880-12000). The location of collomorphic textures in the outer zone of meteorites with melting crust is explained by physico-chemical models [5] as settling and cooling of the solution, and formation of shapes during crystallization from vapor. However, the supporters of a bacterial origin for these textures still suggest that they are microorganisms.

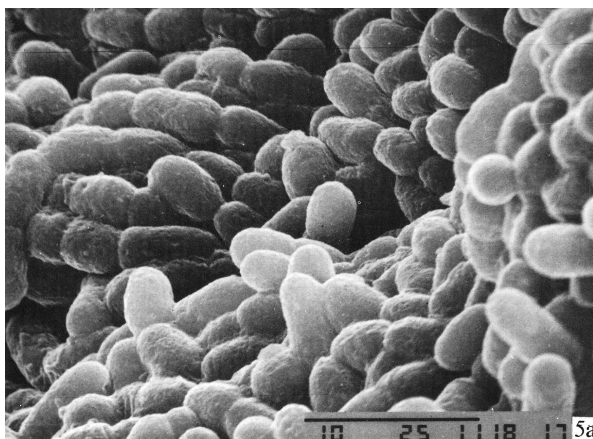


Fig. 1. Cells of alkaliphilic cyanobacteria *Synechocystis salina* Wisl.

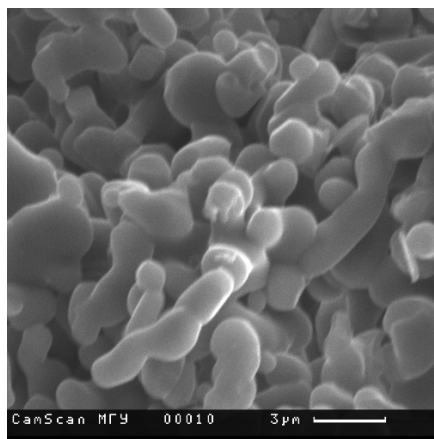


Fig. 2. Mineral shapes obtained in the experiment.

References:

- [1] Zhegallo et al., 2000. Atlas of microorganisms from ancient phosphorites of Khubsugul (Mongolia). Huntsville, Alabama, USA, 167 pp.
- [2] Hoover et al., 1998. Further evidence of microfossils in carbonaceous chondrites. SPIE Conference. San Diego, California, 3441: 203-216.
- [3] Vdovikin, G.P., 1967. Carbonaceous substances in meteorites. Moscow, 243pp (in Russian)
- [4] King, 1979. Cosmic geology. Moscow, Mir Pub., 378 pp (in Russian)
- [5] Ashadov, A., 1997. From cluster mechanisms of crystal growth to cluster materials - clusterites. Vestnik, Russian Academy of Sciences (Uralskoe otделение), 12: 3-5 (in Russian)

GEOCHEMISTRY OF IMPACTITES FROM THE LOGOISK IMPACT STRUCTURE

L.I. Glazovskaia

Petrology Department, Geological Faculty, Lomonosov Moscow State University, 119992 Moscow, Russia (glazov@geol.msu.ru)

The Logoisk structure is located in Byelorussia, with a diameter of ~9 km., and 29 boreholes so far drilled on it. The target consists of a lower crystalline basement of granite gneiss, and an upper layer of flat-lying sediments (~300 m): Upper Proterozoic mudstones and sandstones, and Devonian carbonate rocks. Most researchers believe that impact melts in a crater with a two-layered target result from melting of the crystalline basement, whilst other researchers believe that the melt is produced by the melting of the whole target sequence. Our results (chemical and microprobe analyses on major elements, trace elements, and rare-earth elements) show that most of the impact melt in the Logoisk crater resulted from melting of the granite gneisses in the basement. Melting of the sedimentary cover rocks (Upper Proterozoic sandstones and siltstones) was only found within finely-fragmented breccias in the upper part of the impactite section, and only in small particles of fragments. The finely-fragmented breccias are either devoid of impact glass, or contain less than 10%. Either the overall volume of melt from the sedimentary rocks, as determined in the impact rocks, is small, or this melt was ejected out of the crater. Data on rare-earth element content was obtained by neutron activation and ICP-MS technique. The data on trace elements was obtained by quantitative spectrum analysis and microprobe analysis. The Eu minimum is present in all samples of impact glass. Only the element cesium (Ce) shows significant deviations. It is most likely that its concentration depends on the temperature of the impact melt. The concentrations of some of the volatile elements (Ga, V, As, Sb, Cs, Zn) show more differences in the impact glasses than in the granite gneisses from the basement. Our previous results [1] showed that the impact melt of the Logoisk crater presents a different degree of melt homogeneity (according to electron microprobe analysis). Two possible mechanisms are invoked to account for the origin of the inhomogeneities: (1) insufficient melt mixing resulted in the formation of polymineralic glasses (corresponding to the compositions of minerals from the granite gneisses) and glasses with mixed composition (high-silica, high-alumina, high-potassium and high-magnesian-ferrous glasses), and (2) liquid immiscibility. Melts previously tested for liquid immiscibility were heated for higher temperatures and did not contain glasses with mixed composition or monomineralic glasses.

Some of the melts formed in the center of the crater had a higher initial temperature. The overheated melt had enough time to be completely homogenized and is solely represented by a polymineralic glass. Impact melt immiscibility is plausible only under extreme high-temperature and pre-homogenized portions of the melt. Precisely for these glasses with liquid immiscibility, we obtained lower concentrations of Ce and Eu. Impact glasses from the very center of the crater (drillhole number 119) have a minimum of Eu concentration compared with impact glasses from the border of the crater and the target granite gneisses. We suggest that a considerable depletion in As, Sb, and Cs of impact glasses results from the evaporation of the molten target rocks, and has a final influence on the composition of impact glasses.

Reference:

1. Glazovskaia et al., 1993. *Petrologia*, vol. 1, no. 6, p. 634-644 (in Russian).

VULCANISMO EN EL SISTEMA SOLAR VERSUS VULCANISMO TERRESTRE: UN COMPLEMENTO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

H. Corbí-Sevila, J. Martínez-Martínez

Estudiantes de Ingeniería Geológica. Universidad de Alicante (España)
e-mails: Hugocorbi@hotmail.com; Txavivi@yahoo.es

Hasta hace muy poco tiempo el estudio del vulcanismo estaba restringido únicamente a la Tierra. Con la llegada de las sondas planetarias se abrieron nuevas perspectivas hacia un vulcanismo planetario en que se descubrieron formas de exteriorizarse este fenómeno (criovulcanismo) y morfologías (pateras y coronas) desconocidas hasta entonces, mejorando así el estudio del fenómeno en la Tierra y haciendo posible un nuevo y mejor sistema de enseñanza de este.

Esta comunicación sugiere la comparación del vulcanismo en el sistema solar con el terrestre como complemento en la enseñanza de las ciencias de la Tierra, de forma que el alumno amplíe su formación con conocimientos básicos de vulcanismo planetario y adquiera una visión más objetiva del terrestre, entendiéndolo como un caso concreto dentro del sistema solar. Este tema podría ser propuesto en clase como ejercicio de grupo, fomentando el trabajo en equipo y el debate, facilitado este último por tratarse de una ciencia relativamente nueva.

Vulcanismo en el sistema solar Vs vulcanismo terrestre			
Características volcánicas		Paralelismo en la Tierra	
Mercurio			
<i>Llanuras volcánicas</i> asociadas a vulcanismo fisural.		Columbia Plateau (Noroeste de EE.UU.).	
<i>Domos térmicos (pancake).</i>		El <u>Kilimandjaro</u> (Rift de Africa Oriental).	
Venus			
Grandes <i>torrentes de lava</i> de centenares de kilómetros.	<i>vulcanismo fisural</i>	<i>Komatiitas</i> . Por ejemplo, <u>Norsmann-Wiluna Belt</u> (Oeste de Australia).	La mayoría de erupciones fisurales ocurren a lo largo de las dorsales oceánicas, como por ejemplo en <u>Islandia</u> .
<i>Volcanes de escudo.</i>		El <u>Kilauea</u> (Hawái) es un ejemplo de volcán de escudo terrestre, aunque en Venus son más amplios y planos.	
<i>Domos térmicos (pancake).</i>		<u>Kilimandjaro</u> .	
<i>Llanuras onduladas</i> con frecuentes edificios volcánicos.		Encontramos campos volcánicos como la <u>Mexican Volcanic Belt</u> .	
<i>Coronas</i>		Sólo observadas en Venus.	
Luna			
<i>Los maria</i>		Similar a los <u>Columbia Plateau</u> .	
<i>Tubos de lava.</i>		En <u>Lanzarote</u> (Islas Canarias, España) existen tubos de lava de más de 6 kilómetros de longitud.	
<i>Grandes coladas de lava</i> de centenares de kilómetros.		<u>Komatiitas</u> .	
Marte			
Las zona septentrional está formada por grandes planicies asociadas posiblemente a <i>vulcanismo fisural</i> .		La meseta del <u>Deccan</u> (India) es un claro ejemplo de vulcanismo fisural.	
Se observan dos provincias volcánicas importantes (<u>Tharsis</u> y		Los volcanes de escudo son similares a los marcianos, por	

Elysium) situadas sobre domos coronados por volcanes de escudo. El volcán de escudo de mayor altura (27 km) es el Olympus Mons. El de mayor diámetro es el Alba Patera, con 1600 km.	ejemplo el Fernandina (Islas Galápagos), pero son de menor tamaño, debido a los movimientos de las placas tectónicas. El volcán de escudo de mayor altura, con 10 km, es el Manua Kea (Hawaii).
Pateras	Sin paralelo en la Tierra.
Cúpulas (Tholi)	Sin paralelo en la Tierra.
Un ejemplo particular de morfología es el Apollinaris Patera, con una caldera de 100 km y una zona de fracturas radial parecida a las zonas de rift de los volcanes hawaianos.	La caldera Toba en Indonesia, formada hace 80000 años posee un diámetro de más de 50 kilómetros. Un ejemplo menor es El Crater lake (Oregon, EE.UU.).
Ío, satélite de Júpiter	
Vulcanismo casi exclusivamente explosivo, aunque también encontramos coladas.	En la Tierra encontramos vulcanismo explosivo en la actividad estromboliana (Stromboli, Italia), vulcaniana (Vulcano, Italia), pliniana (Vesubio, Italia) y peleana (Martinica, Pequeñas Antillas).
Penachos eruptivos de grandes dimensiones asociados a puntos calientes	Las dimensiones de los penachos no son tan grandes debido a las diferentes condiciones terrestres.
Europa, satélite de Júpiter	
Criovulcanismo.	Sólo observado en satélites de planetas gigantes.
Probables erupciones de agua y vapor tipo géiser asociado a fisuras.	En la Tierra encontramos abundantes géiseres como, por ejemplo, en Yellowstone (EE.UU.)
Ganímedes, satélite de Júpiter	
Criovulcanismo.	Sólo observado en satélites de planetas gigantes.
Material exhalado a partir de estructuras en surco.	Semejante a las dorsales oceánicas.
Encélado, satélite de Saturno	
Criovulcanismo.	Sólo observado en satélites de planetas gigantes.
Estructura estriada asociada probablemente a erupciones fisurales de agua.	En la Tierra la actividad volcánica ligada a la presencia de agua se denomina Hidromagmática (Edificio Roque Nublo, Gran Canaria, España) y Surtseyana (Surtsey, Islandia).
Miranda, satélite de Urano	
Criovulcanismo.	Sólo observado en satélites de planetas gigantes.
Se observan coronas similares a las de Venus, pero parecen de origen tectónico y no estructuras volcánicas deformadas.	Exclusivo de este satélite.
Tritón, satélite de Neptuno	
Se distinguen fumarolas oscuras causadas probablemente por erupciones de nitrógeno líquido, tipo géiser.	En la Tierra encontramos fumarolas en numerosas áreas volcánicas, como en el Etna (Italia).

Referencias

- Anguita, F., (1993): *Geología planetaria* -Ed: Mare Nostrum, S.A. 132 págs.-
 De Pablo, M.A., Sánchez-Toscano, J., (2001): *Vulcanismo en el sistema solar.* -Tribuna de astronomía y universo, II Época N° 28: 22-27.-
 Hartmann, W., (1983): *Moons and Planets.* -Ed: Wadsworth (California, EE.UU.). 519 págs.-

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS, ISOTÓPICAS Y ESTRUCTURALES DE LOS MEGACRIOMETEOROS: POSIBLES IMPLICACIONES EN RELACIÓN CON LA FORMACIÓN DE NUBES DE HIELO DE AGUA EN MARTE

J. Martínez-Frías⁽¹⁾, F. Rull⁽²⁾, A. Sansano, A. Delgado⁽³⁾ & Rodríguez-Losada, J.A.⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA) Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid (España) e-mail: martinezfrias@mncn.csic.es

⁽²⁾ Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, Real de Burgos s/n, 47011 Valladolid (España) y ERICA (Unidad Asociada CSIC-Universidad de Valladolid)

⁽³⁾ Dept. de Ciencias de la Tierra y Química Ambiental, Grupo de Biogeoquímica de Isótopos Estables Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Profesor Albareda 1, 18008 Granada (España)

⁽⁴⁾ Departamento de Edafología y Geología. Facultad de Biología. Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n. Universidad de La Laguna. 38206 La Laguna. S/C de Tenerife (España)

A diferencia de la atmósfera terrestre, rica en nitrógeno y oxígeno, la atmósfera de Marte está compuesta principalmente de dióxido de carbono. La presión atmosférica varía estacionalmente entre 6 a 10 milibares, condiciones coincidentes, a grandes rasgos, con las del punto triple del agua (media en la Tierra: 1013 milibares). Aunque la existencia de nubes en Marte fue ya puesta de manifiesto en los años 70 por la sonda Viking, fueron las imágenes tomadas por la sonda Mars Pathfinder (octubre de 1997) las que mostraron la existencia de espectaculares nubes de hielo en la atmósfera marciana. Pequeñas trazas de agua (se ha estimado que el nivel de vapor de agua es de aproximadamente 0.016%, comparado con el nivel promedio de la Tierra de alrededor de 2) se congela durante la noche en forma de nubes que son visibles y que llegan a ser particularmente aparentes durante el día por la reflexión de la luz del sol. Estas nubes de hielo de agua se asemejan a los ténues cirros terrestres^{1,2}. Recientemente (abril 2002) las imágenes obtenidas con la sonda Mars 2001 Odyssey cerca de 49.7 N y 43.0 W (317.0 E), muestran nubes irregulares de hielo de agua que oscurecen la superficie de Marte³.

Mientras que en la Tierra, se ha reconocido durante años la importancia de la química heterogénea en la estratosfera, los trabajos relativos a la química heterogénea en la troposfera superior son relativamente escasos. Un tipo importante de partículas en la troposfera superior es el hielo que se encuentra en los cirros y nubes subvisibles de cirros. Estas nubes tienen una extensión importantísima (hasta el 30% de la Tierra en algunos períodos) con densidades superficiales que varían entre los 20-20,000 $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ [Heterogeneous Chemistry Workshop, 1996] proporcionando muchos “sitios” para posibles reacciones heterogéneas.

El estudio reciente de los grandes bloques de hielo (“megacriometeoros”)⁴ está abriendo nuevas vías de investigación sobre otros aspectos, hasta el momento no considerados, que añaden un valor adicional a estos especímenes únicos, formados bajo condiciones atmosféricas inusuales. Los datos hidroquímicos, isotópicos y estructurales obtenidos indican que se trata de un hielo hidroquímica e isotópicamente heterogéneo, con variaciones de hasta 25 ‰D en algunos ejemplares (ej. Chilches)⁵⁻⁷. Los primeros análisis mediante espectroscopia laser-microRaman también reflejan dicha variación desde el punto de vista estructural. Se ha propuesto que la formación de estos bloques podría estar relacionada con procesos de nucleación heterogénea (bajo condiciones de partida de escasez de vapor de agua y baja presión atmosférica (en niveles cercanos a la estratosfera inferior como consecuencia de plegamientos de la tropopausa). Se

sugiere, asimismo, que nubes de hielo podrían jugar un papel importante como contribuidoras de los primeros núcleos.

Los megacriometeoros constituyen muestras únicas que podrían ayudar a comprender, al menos en parte, algunos mecanismos actuantes en la formación de nubes de hielo en Marte.

REFERENCIAS

(1) Rossow, W.B. (1978). Cloud microphysics: Analysis of the clouds of Earth, Venus, Mars, and Jupiter. *Icarus* **36**, 1-50.

(2) <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap971013.html>

(3) <http://themis.la.asu.edu/zoom-20020423a.html>

(4) Martínez-Frías, J. & Travis, D. (2002) "Megacryometeoros: fall of atmospheric ice blocks from ancient to modern times". En: Leroy, S. & Stewart, I.S. (Eds) (2002) *Environmental Catastrophes and Recovery in the Holocene*. Abstracts Volume. Brunel University, west London (UK), 54-55.

(5) Martínez-Frías, J. López-Vera, F., García N. Delgado, A., García, R. y Montero, P. (2000) "Hailstones fall from clear Spanish skies". *Geotimes*, News Notes, American Geological Institute, June/2000: 6-7

(6) Martínez-Frías, J., Millán, M., García, N., López-Vera, F., Delgado, A., García, R., Rodríguez-Losada, J.A., Reyes, E., Martín Rubí, J.A. & Gómez-Coedo, A. (2001) "Compositional heterogeneity of hailstones: Atmospheric conditions and possible environmental implications" *AMBIO* 30-7: 450-453.

(7) Santoyo, E., García, R., Martínez-Frías, J., López-Vera, F. & Verma, S.P. (2002) Capillary electrophoretic analysis of inorganic anions in atmospheric hailstone samples. *Journal of Chromatography A*, 956, 279-286.

A RAMAN MICROPROBE STUDY OF VACA MUERTA MESOSIDERITE

F. Rull¹, A. Sansano¹, J. Medina¹ & J. Martínez-Frías²

⁽¹⁾ Unidad Asociada al Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Facultad de Ciencias, 47006- Valladolid

⁽²⁾ Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Carretera de Ajalvir Km.4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid

Vaca Muerta mesosiderite was originally found in the Atacama Desert near Taltal (Chile) in 1861 although the precise location was unknown for about a Century until rediscovered by Edmundo Martínez in 1985. It is a differentiated silicate and metal rich meteorite containing many silicate and eucrite inclusions

Samples from Vaca Muerta have been subjected to many studies which includes, its thermal history in relation with other mesosiderites; geochronological dating; metamorphic and igneous petrogenetic characterization and identification of trace element distributions; noble-gas and metal studies and Mössbauer and NIR reflectance spectroscopy among others studies. Nevertheless a detailed Raman spectroscopic analysis has not been reported at our knowledge.

Micro-Raman spectroscopy was chosen as the analytical tool because it has great advantages for micro analysis of mineral phases. Raman spectra can be taken in-situ and in a completely non-destructive way, provide the laser power is kept low enough. A HoloLab 5000 spectrometer from Kaiser Optical System Inc. coupled with a microscope was used. It was illuminated with a laser working at 785 nm and a power on the sample of about 5mW. A 50x and 100x objectives were used to analyze individual mineral grains.

The results obtained allows the identification of all the mayor components reported in the literature, pyroxene (pigeonite, augite), plagioclase (Ab_{3,9} to Ab_{9,4}) and some silica grains. Moreover the presence of carbonate detected for the first time in this mesosiderite and identified as calcite gives to these results an additional interest.

VIBRATIONAL CHARACTERISATION OF PAMPA METEORITES USING MICRO-RAMAN SPECTROSCOPY

F. Rull¹, A. Sansano¹ & L. H. Barrera²

⁽¹⁾ Unidad Asociada al Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Facultad de Ciencias, 47006- Valladolid

⁽²⁾ Instituto de Astronomía, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile

The named Pampa meteorites were collected as multiple stones in the Atacama desert between Antofagasta and Mejillones from 1986 to 1991. They have been identified as ordinary chondrites and named Pampa a, b, c, d, e, f, and Agua Blanca respectively. At the moment only few studies have been performed on these samples and no vibrational (IR and Raman) spectroscopic data are available.

In the context of a wide spectroscopic study of these meteorites using micro-Raman spectroscopy we present here the preliminary results on the Pampa b chondrite. Pampa b is a weathered meteorite fragmented in several stones with a total mass of about 10 kgs. It has been identified as a L4/5 ordinary chondrite and consist mainly of olivine, pyroxene, hematite and magnetite.

Micro-Raman spectra were taken using a HoloLab 5000 spectrometer from Kaiser Optical System Inc. coupled with a microscope. A 50x and 100x objectives were used. Spectra were taken under illumination with two laser at 785 nm and 632nm.

A detailed analysis of a wide selection of individual mineral grains was achieved. Raman results allow the identification of olivine, enstatite, diopside and hematite. The results obtained are in agreement with previous XRD data, although the Raman results show the existence of goethite in a noticeable concentration which is not reported in these diffraction data.

From the spectra obtained a discussion on the mineral composition, grain size and crystallinity of the chondrite components is performed and presented.

CARBONACEOUS MATTER IN ALLENDE CHONDRITE STUDIED BY RAMAN SPECTROSCOPY

A. Sansano¹, F. Rull¹ & J. Martínez-Frías²

⁽¹⁾ Unidad Asociada al Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Facultad de Ciencias, 47006- Valladolid

⁽²⁾ Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Carretera de Ajalvir Km.4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid

Carbonaceous chondrites as well as interplanetary dust particles are among the most primitive objects in the solar system. Investigation of their structural properties is of great interest.

The Raman microscopy technique is particularly well suited for such studies provide its high spatial resolution and non-destructive character. And for these reason has been extensively used in the study of several carbonaceous materials. One of these interesting materials is Allende carbonaceous chondrite, fell in 1969 in Pueblito de Allende (Mexico). In this meteorite, besides of rather disordered carbon shocked structures, fullerene-like carbon nanostructures and higher-carbon cluster ranging from C₆₀ to C₄₀₀ have been reported.

In the present work a spectroscopic micro-Raman study has been performed on a flat area of a sample fresh cut with a diamond saw from a massive piece of the meteorite and no further preparation was made. Micro-Raman spectra were taken using a HoloLab 5000 spectrometer from Kaiser Optical System Inc. coupled with a microscope at magnifications 50x and 100x. Two laser sources operating at 785 nm and 632nm were used.

Spectra from carbonaceous particles show the characteristics G-line at about 1600 cm⁻¹, and D-line at about 1340 cm⁻¹. Besides these spectral features carbonaceous matter generally also exhibits the second order Raman band at about 2600cm⁻¹. All these bands show strong dependence on the crystalline order and crystallite size but also are sensitive to the wavenumber and the power of the laser excitation, particularly the D-band band.

Raman spectra obtained from several carbonaceous grains of Allende meteorite at the two mentioned wavelengths 785nm and 630nm and different power on the sample are analysed and discussed on the basis of these internal and external parameters.

TECTÓNICA ASOCIADA AL ÁREA CAÓTICA DE CONAMARA.

O. Prieto Ballesteros^(1,2), M. A. Rodríguez Pascua⁽²⁾, R. Pérez López⁽³⁾ & J. S. Kargel⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA). Torrejón de Ardoz, Madrid (España) e-mail: olpriba@ceu.es

⁽²⁾ Facultad de CC. Experimentales y de la Salud. USP-CEU, 28668 Boadilla del Monte. Madrid (España) e-mail: marodpas@ceu.es

⁽³⁾ Facultad de Ciencias Geológicas, UCM, 28040 Madrid (España) e-mail: rbicoín@geo.ucm.es

⁽⁴⁾ Astrogeology Team. USGS. Flagstaff, 86001 Arizona. EEUU. jkargel@usgs.gov

La superficie del satélite Europa está marcada por estructuras tectónicas y magmáticas que demuestran la intensa actividad geológica que renueva la corteza. Un fenómeno característico de la superficie de Europa es la formación de grandes áreas de textura caótica. En estas áreas, la corteza ha sido troceada en bloques que han quedado embutidos en una matriz de aspecto menos viscoso. Se puede encontrar terrenos caóticos distribuidos por todo el satélite, que difieren entre sí en el tamaño del área afectada y la distribución y el grado de movimiento de los bloques en la matriz. Los procesos de formación de las áreas caóticas clásicamente referidos son: a) Procesos de convección sólida en la corteza de hielo gruesa; b) Procesos de fusión de la corteza de hielo delgada. Ambos modelos han creado gran controversia entre la comunidad científica, pues cada uno de ellos admite un espesor de corteza distinto al otro, lo que conlleva diferencias importantes en la actividad geológica del interior de dicha corteza y en la profundidad a la que se encuentra el océano interno. Recientemente se han propuesto hipótesis alternativas que implican una petrología más rica de la corteza, y en donde la fusión se produce debido a las propiedades físico-químicas de los materiales corticales.

El área caótica más documentada es *Conamara* (8°N, 274°O), en donde los bloques han rotado de posición y a veces aparecen algo inclinados con respecto a la vertical. La formación de *Conamara* está claramente relacionada con una anomalía térmica, aunque no está claro el origen del movimiento de los bloques. Se han discutido varias posibilidades como causas del patrón de movimiento: 1) la fuerza de Coriolis, pero el patrón de movimiento general, según las agujas del reloj, no es consistente con la dirección de Coriolis en el hemisferio norte; 2) turbulencias ocurridas en el océano subyacente. Es posible que las corrientes de marea sean responsables del patrón de desplazamiento, pero esto no ha sido comprobado.

Si la fracturación deriva de procesos de deformación ductil intracortical, entonces el movimiento podría relacionarse con campos de flujo globales en la corteza debido a la combinación de una tectónica inducida por el ascenso de diapiros y campos de flujo laterales de tipo glacial. El análisis que hemos realizado de la tectónica regional de la zona determina que el movimiento de los bloques está relacionado con el movimiento de las grandes fracturas del área.

La zona del caos de *Conamara* se encuentra limitada por dos fallas de desgarre conjugadas, Línea *Agave* y Línea *Asterius*, de orientación N135°E y N60°E respectivamente, situándose en el ángulo agudo (75°) de la confluencia de ambos desgarres. El desgarre de *Asterius* es el más joven y activo en este momento (ya que corta a *Agave*), con un sentido de movimiento sinistral. Este movimiento implicaría un giro dextral del bloque donde se encuentra el caos de *Conamara*. Los bloques que se encuentran dentro de la estructura caótica presentan un sentido de giro dextral dentro de ésta, lo cual es coherente con lo propuesto anteriormente. Si atendemos a los criterios clásicos de fracturación de Coulomb, el caos de *Conamara* se encuentra en la zona de

compresión del ángulo agudo de dos fallas conjugadas (en la bisectriz se encuentra σ_1), mientras que la extensión máxima (σ_3) sería perpendicular y σ_2 estaría contenida en la intersección de ambos planos de falla.

ESTUDIO DE ANÁLOGOS TERRESTRES SALINOS DEL SATÉLITE JOVIANO EUROPA: LAS LAGUNAS MANCHEGAS.

D. C. Fernández Remolar⁽¹⁾, O. Prieto Ballesteros⁽¹⁾ & N. Rodríguez⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA) Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid (España) e-mail: fernandezrd@inta.es

Tanto los datos aportados por los sensores de las sondas espaciales, como los modelos geoquímicos de la corteza de Europa, indican la presencia de minerales hidratados y de algunos hielos en la corteza de Europa. Entre los minerales hidratados se incluyen los hidratos de sulfato de magnesio, sulfato de sodio, carbonato de sodio, y de ácido sulfúrico. La presencia de sales hidratadas también está apoyada por los modelos de alteración acuosa de algunos meteoritos. Los minerales salinos de las condritas carbonaceas se pueden encontrar en la Tierra formando la paragénesis mineral de ciertas lagunas de evaporitas continentales. La composición de estas aguas continentales es el resultado de la interacción entre varios factores como la composición química y grado de alteración de substrato rocoso, la actividad química de las aguas subterráneas, el contexto geomorfológico, el balance hídrico y las condiciones climáticas de la zona.

En la meseta manchega castellana de la Península Ibérica podemos encontrar lagunas activas cuyas salmueras cumplen las características mencionadas, es decir, son muy ricas en sulfatos hidratados de sodio y magnesio. El estudio de estas lagunas como análogo terrestre de la geoquímica de Europa es muy interesante desde el punto de vista astrobiológico. Las comunidades bióticas de los medios salinos moderadamente alcalinos, como la laguna manchega de Tírez, se caracterizan por tener una baja diversidad relativa y presentar microorganismos con diferentes niveles de tolerancia a las sales. En casos extremos el nivel de tolerancia a la salinidad por bacterias halófilas puede alcanzar el 33% de la concentración. Debido a los procesos de deshidratación inducidos en los organismos por la salinidad, éstos tienden a adaptarse para prevenirlo haciendo uso de procesos como el de la concentración interna por medio de iones o por medio de biomoléculas. El desarrollo de pigmentos en estas bacterias para realizar funciones metabólicas tan importantes como la fotosíntesis produce la coloración púrpura de algunos de estos depósitos evaporíticos. Dalton (2002, XXXIII LPSC, [#1555]) ha constatado que algunas de las bacterias extremófilas con dichos pigmentos, que viven asociadas con minerales sulfatados producen un espectro muy similar al obtenido por el sensor NIMS de Galileo. Este autor no establece la existencia de dichas bacterias en la superficie de Europa, pero sí indica las señales espectrales que deben rastrearse para su búsqueda.

MAGNETIC CHARACTERIZATION OF CRETACEOUS-TERTIARY BOUNDARY IN AGOST AND CARAVACA SECTIONS (SOUTHEASTERN SPAIN)

V. Villasante Marcos ⁽¹⁾, M.L. Osete ⁽¹⁾, F. Martínez-Ruiz ⁽²⁾, R. Egli ⁽³⁾, J. Urrutia Fucugauchi ⁽⁴⁾, F. S  ller ⁽³⁾

(1) Departamento de Geofísica y Meteorología, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid. Avda. Complutense, s/n, 28040 Madrid. Tel: 913944440 / 913944396. E-mail: vicvilla@fis.ucm.es y mlosete@fis.ucm.es

(2) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada, fmruiz@ugr.es

(3) Institut für Geophysik, ETH Z  rich, Switzerland, egli@mag.ig.erdw.ethz.ch

(4) Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, juf@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

A study on the magnetic properties of two K-T boundary sections has been carried out in the Palaeomagnetic Laboratory, Complutense University of Madrid. Samples from Agost (Alicante, SE Spain) and Caravaca (Murcia, SE Spain) sections have been investigated. The K-T boundary in the cretaceous and tertiary marine sequences of marls and marly limestone at Agost and Caravaca is defined by a thin red clay layer (~1-2 mm) rich in spherules that are considered to be altered microtektites. This layer is followed stratigraphically by a green clay layer (~10 cm), corresponding to the first appearance of Tertiary sediments, and these two clay layers are surrounded by marls and marly limestone. In both sections magnetic susceptibility increases abruptly as the thin red clay layer containing microspherules is reached. Isothermal Remanent Magnetisation (IRM) acquisition curves of the Agost and Caravaca material reach maximum IRM values in the spherule-rich layer which are one order of magnitude higher than in the surrounding material. An inverse behaviour is showed by remanence coercivity: it has an abrupt decrease just in the red clay layer. There is also evidence for the presence of (at least) two ferromagnetic phases in virtually all the samples, including the spherule-rich layer, one corresponding to a low saturation field mineral and the other to a high saturation field mineral (probably goethite). But another peculiarity arises for the red clay layer: its soft magnetic phase has a lower coercivity than the soft magnetic phase of Cretaceous and Tertiary samples. This is clearly seen in the spectral contribution analyses of IRM curves, resulting in the conclusion that a characteristic and unique low coercivity magnetic phase is present in the K-T boundary. In our opinion, two possibilities about the mineralogical origin of this magnetic signature must be considered: presence of high oxidized magnetite (i.e. maghemite); or presence of Magnesium and Nickel rich spinels with a distinct magnetic signal. New experiments are being carried out in order to discriminate these two options.

RIESGOS DE IMPACTOS METEORÍTICOS

J. Martínez-Frías, E. Díaz-Martínez, J. Ormo & E. Sanz-Rubio

Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid (Spain)

Antes de que Walter y Luis Alvarez expusieran su hoy famosa hipótesis relacionando el impacto de un asteroide o cometa, de aproximadamente diez kilómetros de diámetro, con la gran extinción de especies de hace 65 millones de años, dos astrónomos británicos Napier y Clube ya habían avanzado esta idea¹. Se ha estimado que, por término medio, una vez cada pocos cientos de años la Tierra es alcanzada por un objeto de unos 70 metros de diámetro; cada diez mil años nos golpea un objeto de unos 200 metros, y cada millón de años se produce el impacto de un cuerpo de más de 2 km de diámetro. Por último, cada 100 millones de años tiene lugar una catástrofe como la que sucedió, en el límite Cretácico-Terciario (límite K-T) cuando se produjo el choque de un cuerpo de unos 10 km de diámetro o más contra nuestro planeta. La energía liberada es tremenda, de unos 10 Mt TNT para un cuerpo de unos 50 m. El paso de 100 a 200 m prácticamente multiplica por 10 la energía producida, de 75 a 600 Mt, y un impactor de alrededor de 1 km. produciría una energía de 75.000 Mt.

Recientemente se han producido alertas en la comunidad científica internacional sobre el posible acercamiento de cuerpos asteroidales (2002NY40 y 2002NT7) que podrían suponer un riesgo real de impacto. Este mismo año, un pequeño asteroide de unos 100 m (2002 MN) fue descubierto el 17 de junio²: *tres días después de pasar a tan sólo 120.000 km de la Tierra*. Los estudios sobre riesgos de impactos son de carácter multidisciplinar e integran principalmente a astrónomos, astrofísicos y geólogos planetarios; no obstante, dada las implicaciones biológicas, medioambientales, climáticas, etc. de este tipo de colisiones se requiere, necesariamente, la colaboración de otros especialistas. La mayor parte de la investigación sobre NEOS se realiza en la NASA, que gasta alrededor de 4 millones de dólares al año, en este tema, con importantes programas como LINEAR (Lincoln Near Earth Asteroid Research): un proyecto de los laboratorios Lincoln del MIT, o el NEAT (Near earth Asteroid Tracking) dirigido por el JPL, en Pasadena, California. En Europa destacan el programa conjunto italo-alemán ADAS (Asiago-DLR Asteroid Survey) y —aunque relacionado colateralmente con este tema—, el programa IMPACT (Response to the Earth System to Impact Processes) de la European Science Foundation, en el que colaboran 15 países (incluido España). Otro programa también relevante es el desarrollado en Japón (NASDA) que aúna los esfuerzos de la Japan Spaceguard Association y la Agencia Espacial Japonesa. Una iniciativa importante para intentar analizar y tipificar este tipo de eventos es la Escala de Torino, como una especie de “Escala Richter” para categorizar el riesgo de impacto contra la Tierra asociado con asteroides y cometas recién descubiertos. La primera versión de la Escala de Torino fue creada por el Prof. Richard P. Binzel (MIT) en 1995. Oficialmente se presentó en junio de 1999 en la Conferencia sobre NEOs, en Torino (Italia).

Durante el último congreso internacional sobre Catástrofes Medioambientales en el Holoceno⁴, se abordó muy seriamente la importancia de considerar los impactos meteoríticos como eventos que pueden haber jugado un papel crucial, no sólo en relación con importantes cambios climáticos sino, más directamente, con el colapso de determinadas civilizaciones, con las implicaciones que ello conlleva para el presente y futuro de la humanidad. De hecho se ha estimado que en el próximo millón de años se producirán aproximadamente: a) 10 impactos en nuestro planeta de tamaño NEO; b) 10 impactos cometarios de corto período de tipo Júpiter y unos 4.000 impactos de tipo Tunguska. Es muy importante que nuestro sistema educativo,

docente y científico, se actualice en relación con este tema a fin de alcanzar un nivel de actuación equiparable al de los países de nuestro entorno.

REFERENCES

1. Napier, W. M. & Clube, S. V. M. (1979) A theory of terrestrial catastrophism: Nature, v. 282, p. 455-459.
2. <http://impact.arc.nasa.gov/reports/spaceguard/>
3. Foust, J. (2002) Planetary defence. Astronomy Now, Sep. 2002: 61-63
4. Leroy, S. & Stewart, I.S. (2002) (Eds) Environmental Catastrophes and Recovery in the Holocene. Abstracts Volume. Brunel University, west London (UK), 91 p.

RELACIONES $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Y EL LÍMITE K/T

A. Delgado⁽¹⁾, E. Reyes⁽¹⁾ & J. Martínez-Frías⁽²⁾

⁽¹⁾ Estación Experimental del Zaidín (CSIC), Prof. Albareda 1, 18008 Granada (España) e-mail: antodel@eez.csic.es

⁽²⁾ Laboratorio de Geología Planetaria, Centro de Astrobiología, (CSIC/INTA) Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial. Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid (España) e-mail: martinezfrias@mncn.csic.es

El impacto de un asteroide o cometa hace 65 millones de años pudo ser el responsable de un cambio drástico en la composición de la atmósfera de nuestro planeta lo que, posiblemente, jugó un papel muy importante en la extinción masiva de especies. La atmósfera durante el final del Cretácico era aproximadamente un 10% más rica en oxígeno que en la actualidad, niveles tan altos están próximos a la combustión espontánea lo que facilita enormemente los incendios forestales. Los estudios de las vacuolas ocluidas en ámbar indican concentraciones de oxígeno de un 33% para el final del Cretácico frente a valores del 21% para el terciario, con caídas drásticas justamente en el contacto K-T. Esto implica importantes cambios en los ciclos biogeoquímicos de nuestro planeta que ya nunca llegaron a ser compatibles con atmósferas tan ricas en oxígeno. Una de las hipótesis más barajadas recientemente acepta que las ondas de choque del impacto del asteroide liberarían grandes cantidades de metano, que se encontraba en las profundidades oceánicas y, junto con la alta proporción de oxígeno, producirían un fuego a escala global. En este estudio se han comparado diferentes perfiles isotópicos de la zona de contacto K-T. Los valores isotópicos $\delta^{13}\text{C}$ de los sedimentos, mucho más negativos justo después del impacto, y la disminución del oxígeno apoyarían esta teoría.

POSIBLES COCIDES RICOS EN HIERRO EN CELADONITA EN RELACIÓN CON EMISIONES HIDROTHERMALES EN BASALTOS SUBMARINOS (TENERIFE, ISLAS CANARIAS)

M^a A. Bustillo⁽¹⁾, J. Martínez-Frías⁽²⁾ & J. A. Rodríguez-Losada⁽³⁾

Uno de los descubrimientos más importantes ligado a la exploración de los fondos oceánicos, es el hallazgo de una gran diversidad de organismos microscópicos (principalmente bacterias), que viven asociadas a las zonas de emisión de fluidos en regiones volcánica e hidrotermalmente activas. La existencia de ecosistemas extremófilos, en ambientes claramente hostiles, bajo elevadas concentraciones de metales y/o metano, altas temperaturas, ausencia de luz, etc., evidencia la robustez de la vida y la importancia de investigar este tipo de ambientes por sus posibles implicaciones astrobiológicas.

Recientemente se ha citado la presencia de procesos hidrotermales de mineralización en la zona de Punta Poyata (NE Tenerife), ligados a los episodios de volcanismo submarino (basaltos ankaramíticos) antiguos de la isla¹. La mineralización se presenta como típicos rellenos de cavidades y fisuras y en pequeñas venas y consiste en una paragénesis simple de jaspe (cuarzo y ópalo) y celadonita como componentes mayoritarios, y pequeñas proporciones de magnetita, carbonatos de Fe(±Ca,Mg), kaersutita, calcite and trazas de ilmenita (siempre asociada con la magnetita).

Se ha detectado la presencia de posibles cocoides ricos en hierro asociados siempre con la celadonita, bien aislados o dando lugar a agregados de varias de estas microesferas, que a veces muestras incluso un cierto grado de facetado incipiente. El encadenamiento de estas microesferas genera también, en ocasiones, morfologías de tipo "bastoncillo". La mineralogía compleja de las muestras hace difícil la caracterización de fases minerales, pero en alguna muestra podría existir magnetita. Las relaciones texturales entre los diferentes minerales señalan que la celadonita podría haberse formado por reemplazamiento de una fase silicea opalina previa, y posteriormente la celadonita constituyó el sustrato reactivo que permitió el crecimiento de las microesferas de hierro. Los datos bibliográficos indican que la celadonita podría precipitar a temperaturas de hasta 90°C, por lo que el proceso de crecimiento de los 'cocoides' tendría lugar posiblemente a temperaturas iguales o inferiores.

REFERENCIAS

1. Rodríguez-Losada, J.A., Martínez-Frías, J., Bustillo, M.A. Delgado, A., Hernández-Pacheco, A. y De la Fuente Krauss, J.V. (2000) "The hydrothermally altered ankaramite basalts of Punta Poyata (Tenerife, Canary Islands)". *J. Volc. Geoth. Res.* 103 (1-4): 367-376.
2. Oudin, G.S., Despraires, A., Fullagar, P.D., Bellon, H., Decarreau, A., Fröhlich, F. and Zelvelder, P. 1988, Nature and geological significance of celadonite. In : Oudin (Ed.) *Green Marine Clays, Developments in Sedimentology*, Elsevier, 45, p. 337-399.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PB98-0668-CO2-01

SEGUIMIENTO DEL VULCANISMO DE IO CON CANARICAM: UNA NUEVA OPORTUNIDAD PARA LOS PLANETÓLOGOS ESPAÑOLES

Mark Kidger

Instituto de Astrofísica de Canarias

Uno de los descubrimientos más inesperados de los encuentros de las sondas Voyager con los planetas jovianos fue la observación de una actividad volcánica de gran intensidad en Io. La cantidad de actividad y el número de focos activos hace que Io sea con diferencia el cuerpo de mayor actividad interna del sistema solar. Existen al menos dos regímenes de emisión: actividad basada en azufre a típicamente 600K y actividad de dióxido de azufre a 350-400K. Sin embargo hay informes de posible actividad a temperaturas superiores de hasta 1000K. El máximo del cuerpo negro para la actividad se extiende desde 3 micras para 1000K a 8 micras para 350K. La intensidad de la emisión puede ser al nivel de 1Jy en 3.8 micras, permitiendo su detección directa desde la Tierra mediante instrumentación del infrarrojo medio.

Hasta ahora ha habido poca disponibilidad de una instrumentación adecuada en el infrarrojo medio capaz de estudiar el vulcanismo de Io desde la superficie terrestre. Efectivamente tales estudios se han limitado prácticamente al IRTF en Hawai, con una resolución espacial limitado. El estudio desde tierra, sin embargo, es de gran importancia para estudiar la evolución temporal de la actividad global de Io y la evolución de los volcanes individuales y sus erupciones, algo que resulta imposible desde sondas espaciales. Sin embargo, próximamente la comunidad española contará con una opción muy importante para llevar al cabo estudios de Io. El comienzo de las operaciones científicas en 2004 del Gran Telescopio CANARIAS de 10.4-m, con un instrumento del infrarrojo medio limitado por difracción (CanariCam) como instrumento de Día 1 permitirá que los planetólogos españoles podrán realizar un seguimiento de Io con un instrumento de vanguardia.

CanariCam tendrá una resolución de 0".17 en 7.5 micras, la longitud de onda más corta de la ventana de 10 micras. Puesto que el diámetro de Io puede alcanzar 1".3 en una oposición favorable CanariCam será capaz de conseguir 58 elementos de resolución en la superficie, permitiendo una fácil identificación de los volcanes activos. Su extenso juego de filtros de silicatos permitirá medidas de la distribución de energía y de ahí la temperatura de las regiones activas. Aunque optimizado para el rango de 7.5-25 micras, CanariCam tendrá sensibilidad suficiente en el rango de 3.5 a 5 micras para permitir observar el máximo de emisión de todos menos los volcanes de mayor temperatura. Este instrumento ofrece muchas opciones de programas muy competitivos de estudio del vulcanismo de Io.

RESOLVIENDO EL ENIGMA DEL TAMAÑO DEL NÚCLEO DE LOS COMETAS POR OBSERVACIÓN DIRECTA EN EL INFRARROJO MEDIO

Mark Kidger

Instituto de Astrofísica de Canarias

Uno de los grandes retos de la sonda Giotto en 1986 fue de demostrar la existencia de un núcleo sólido en el centro de los cometas. Giotto proporcionó una información de gran valor sobre el tamaño y las características físicas del núcleo del 1P/Halley que han sido aplicados a otros cometas desde entonces. Sin embargo, 16 años después solo existen observaciones directas del núcleo de dos cometas (1P/Halley y 19P/Borrelly), ambos de corto período. Aunque hay muchos métodos observaciones que se han aplicado para estimar el diámetro del núcleo de otros cometas a partir de su actividad, curva de luz, PSF, emisión en el submilimétrico, etc. todos esos métodos dependen de la calibración muy incierta del diámetro del núcleo frente a los modelos.

Un ejemplo de las dificultades presentadas a los modelos es el caso del C/1995 O1 (Hale-Bopp). Pese a ser tal vez el cometa mejor estudiado de la historia las estimaciones del diámetro de su núcleo muestran un rango de casi una orden de magnitud, desde unos 25km hasta tal vez 130km. Junto con su densidad y estado de rotación el diámetro del núcleo es uno de los parámetros fundamentales que se debe conocer para entender la actividad de los cometas.

Aunque se prevé realizar varias misiones a cometas en los próximos años todos serán a unos objetos muy evolucionados de (relativamente) baja actividad que difícilmente aportarán una información sobre los objetos nuevos de la Nube de Oort. Sin embargo, la presencia de la actividad en los núcleos cometarios hace casi imposible medir el núcleo y sus características desde la superficie de la Tierra. La solución es observar el núcleo inactivo a gran distancia heliocéntrica donde la presencia de una coma activa no afectará a las medidas y permitirá su observación directa. Del mismo modo que para los asteroides se puede combinar las medidas visibles (luz solar reflejada) y del infrarrojo medio (emisión térmica) para calcular el albedo y el diámetro efectivo del núcleo. El salto cuántico en sensibilidad ofrecida por la nueva generación de instrumentación del infrarrojo medio en los telescopios de clase 8-10 metros hará que tales medidas sean posibles por primera vez. Proponemos un programa de seguimiento de los núcleos de los cometas usando CanariCam en el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) de 10.4-m que entrará en servicio en el Observatorio canario del Roque de los Muchachos en 2004. La combinación de CanariCam+GTC ofrecerá un incremento de dos ordenes de magnitud en sensibilidad sobre el IRTF de la NASA en Mauna Kea, equivalente a incrementar en un factor superior a 3 la máxima distancia heliocéntrica de detección del núcleo desnudo. Para un cometa grande y muy activo como el Hale-Bopp se podría detectar el núcleo directamente incluso a 17UA del sol.

CONFIRMACION Y SEGUIMIENTO DE ASTEROIDES Y NEOS DESDE EL OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE MALLORCA DURANTE EL PERIODO 1995-2002: RESULTADOS

S. Sanchez, J. Nomen, J. Guarro, J. Rodriguez, A. Garcia & M. Blasco

OAM: Observatorio Astronomico of Mallorca
Cami de l'observatori s/n, 07144 Costitx, Mallorca, Spain astroam@bitel.es

Desde el año 1995, el Observatorio Astronómico de Mallorca, con código 620 del Minor Planet Center, tiene una dedicación preferente en la confirmación y seguimiento de asteroides recientemente descubiertos y otros objetos presentes en las listas de la NEO Confirmation Page, que necesitan observaciones urgentes para determinar una órbita preliminar. Asimismo se rastrean otras regiones de cielo en busca de nuevos objetos. Se resumen algunos resultados obtenidos en este campo a lo largo de los últimos 8 años, tanto desde el propio observatorio, como desde sus dos estaciones asociadas.

CONFIRMACION Y SEGUIMIENTO DE ASTEROIDES Y NEOS DESDE EL OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE MALLORCA: NUEVOS PROYECTOS

S. Sanchez, J. Nomen, J. Guarro, J. Rodriguez, A. Garcia, M. Blasco

OAM: Observatorio Astronomico of Mallorca
Cami de l'observatori s/n, 07144 Costitx, Mallorca, Spain astroam@bitel.es

Durante los últimos años, el incremento y eficiencia de los grandes “surveys” esta facilitando el descubrimiento de un número cada vez mayor de asteroides tipo NEO, en general de más débiles magnitudes. La labor tradicional de confirmación y “follow-up” llevada a cabo por observatorios con telescopios de aberturas medias está resultando cada vez más difícil.

Nos encontramos ante la paradoja en la que muchos de los nuevos descubrimientos de NEOs no pueden ser confirmados ni correctamente seguidos los días consecutivos por esos observatorios dedicados a tal labor, y al tiempo es frustrante, pues las mejoras en equipo observacional , son en general costosas y complejas.

Ante las exigencias instrumentales de la actualidad, en el OAM se estan concluyendo dos nuevos proyectos observacionales: UNICORN PROJECT, basado en tres nuevos telescopios robóticos de 61cms para continuar con la observación, confirmación y seguimiento de NEOs., y CANES: basado en un tetraescopio robótico de gran campo para scanning a muy cortas elongaciones solares. Ambos proyectos han sido diseñados y construidos en gran medida con los recursos ópticos, técnicos, mecánicos, electrónicos e informáticos del equipo y de los colaboradores del Observatorio de Mallorca.