

II Encuentro de Exploración del Sistema Solar Bilbao, 16-17 Junio 2011

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao

PROGRAMA GENERAL

Organiza:



Patrocinan:



Bizkaiko Foru Aldundia
Diputación Foral de Bizkaia



Universidad
del País Vasco Euskal Herriko
Unibertsitatea

II Encuentros de Exploración del Sistema Solar

Bilbao, 16-17 de Junio de 2011

**ORGANIZADO POR
AULA ESPAZIO GELA**



Con el apoyo de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao y la Diputación Foral de Bizkaia.



Comité científico:

Agustín Sánchez Lavega (UPV-EHU, Presidente)
Adriano Campo-Bagatín (U. Alicante, Secretario)
Hector Guerrero (INTA)
Javier Licandro (IAC)
Miguel Ángel López Valverde (IAA)
Josep María Trigo-Rodríguez (EEEC)
Javier Ruiz (U. Complutense)
Jose Luis Ortiz (IAA)
Luis Vazquez (U. Complutense)

Comité Local:

Ricardo Hueso
Santiago Pérez-Hoyos
Jose Félix Rojas
Teresa del Río-Gaztelurrutia
Jon Legarreta
Naiara Barrado
Itziar Garate

PROGRAMA CIENTÍFICO:

II Encuentro de Exploración del Sistema solar

JUEVES 16 JUNIO

9:00-9:15 Bienvenida

PRIMERA SESIÓN (ATMÓSFERAS PLANETARIAS I)

Moderador: Adriano Campo-Bagatín

- | | |
|-------------------------------|---|
| 09:15 – 09:30 P. Machado | Characterization of Venus' atmospheric dynamics with ground-based Doppler velocimetry |
| 09:30 – 09:45 J. Peralta | Solar Tide on the upper cloud winds of the polar collar region using VIRTIS-M/VEX images |
| 09:45 – 10:00 I. Garate-Lopez | Morfología y dinámica del Vórtice Polar Sur de Venus con datos de Venus Express |
| 10:00 – 10:15 F. Gonzalez | Un Modelo de Circulación General de la alta atmósfera de Marte: aplicación al análisis de datos |
| 10:15 – 10:30 B. Sánchez-Cano | Análisis de la ionosfera de Marte mediante sondeos obtenidos por MARSIS (Mars Express) |
| 10:30 – 10:45 A. González | Oxígeno en las estratosferas de los planetas exteriores y Titán |

Pausa y café (30 min.)

SEGUNDA SESIÓN (ATMÓSFERAS PLANETARIAS II Y GEOLOGÍA)

Moderador: Jose Luis Órtiz

- | | |
|---------------------------------|---|
| 11:15 – 11:45 Enric Pallé | La observación de eclipses lunares en preparación para futuras misiones de caracterización de exoplanetas |
| 11:45 – 12:00 A. Sánchez-Lavega | La gran tormenta de Saturno de 2010 |
| 12:00 – 12:15 J.F. Sanz-Requena | Estructura Vertical de la atmósfera de Saturno durante la GWS de 2010 |

12:15 – 12:30 E.García-Melendo Simulaciones de tormentas de gran escala en Júpiter y Saturno
12:30 – 12:45 I. Romeo Monte Carlo models of Venus resurfacing history
12:45 – 13:00 J. Ruiz La evolución térmica de la litosfera de Marte
13:00 – 13:15 M.D. Michelena Minerales magnéticos constituyentes de la corteza de Marte. Posibles microestructuras

13:15 – 15:00 Comida

TERCERA SESIÓN (COLISIONES)

Moderador: Luis Vázquez

15:00 – 15:30 F. Moreno Una hipótesis colisional para el “outburst” del asteroide 596 Scheila
15:30 – 15:45 A. Moro Study of dust in solar and extra-solar planetary systems
15:45 – 16:00 P. Benavidez Comparando los efectos de impactos sobre cuerpos homogéneos y reacumulados
16:00 – 16:15 A. Luque Transient Luminous Events: high altitude optical emissions probing upper atmospheres
16:15 – 16:30 J. M. Madiedo Detección de impactos de meteoroides en la superficie de la Luna

Pausa y café (30 min.)

CUARTA SESIÓN (ASTEROIDES, TNOS Y COMETAS)

Moderador: Héctor Guerrero

17:00 – 17:30	Pablo Santos	TNOs are Cool: un estudio de la región transneptuniana con el telescopio espacial Herschel
17:30 – 17:45	V. Ali-Lagoa	Outer Main-Belt asteroids: first analyses of the Wide-field Survey Explorer Preliminary Release
17:45 – 18:00	J. L. Ortiz	Propiedades físicas de los objetos Trans-Neptunianos (TNOs) mediante el estudio de su rotación
18:15 – 18:30	A. Campo-Bagatín	El extraño caso del planeta enano 2003 EL61 (Haumea)
18:30 – 18:45	M. de Val-Borro	Detección de vapor de agua en el cometa 81P/Wild2 con Herschel
18:45 – 19:00	E. Escamilla	Estudio teórico de la adsorción de glicina en la superficie (100) de la forsterita
19:00–20:00 hr		Visita Aula EspaZio y Observatorio Astronómico
21:00 hr		Cena Congreso

VIERNES 17 JUNIO

QUINTA SESIÓN (GRUPOS DE INVESTIGACIÓN, OBSERVATORIOS, METODOLOGÍAS) – Moderador: Javier Ruiz

08:45 – 09:15	A. Cardesín	La Exploración del Sistema Solar en el Centro Europeo de Astronomía Espacial
09:15 – 09:30	J. Martín Torres	Actividades y Proyectos Científicos del Grupo de Atmósferas Planetarias del CAB
09:30 – 09:45	B. Mate	Espectroscopía infrarroja de hielos de interés astrofísico
09:45 – 10:00	P. Gordillo	Estudio de Plasmas en Atmósferas Planetarias
10:00 – 10:15	E. Solano	PHA's precovery using the Virtual Observatory

Pausa y café (30 min.)

SEXTA SESIÓN (MISIONES ESPACIALES FUTURAS)

Moderador: Miguel Ángel López Valverde

10:45 – 11:00	R. Duffard	A multiple-rendezvous, sample-return mission to two near-Earth asteroids
11:00 – 11:15	J. Licandro	Marco Polo-R: a scientific and technological opportunity for spanish researchers
11:15 – 11:30	J.M. Trigo	Caracterización espectral de asteroides carbonáceos y su aplicación a la misión Marco Polo-R.
11:30 – 11:45	M.A. López	NOMAD: Participación española en ExoMars, la 1ª misión conjunta ESA-NASA al planeta Marte
11:45 – 12:00	L. Vázquez	Marte: Los descubrimientos principales y la misión MEIGA -METNET-PRECURSOR
12:00 – 12:15	H. Guerrero	Estrategia en el desarrollo de instrumentación miniaturizada para exploración planetaria

Breve pausa

12:20 – 12:45		Plan Nacional Astronomía y Astrofísica (R. Bachiller) y Plan Nacional del Espacio (J. Martín Pintado)
---------------	--	---

12:45 – 13:30

Mesa redonda de Planetología

Moderadores: Adriano Campo-Bagatín, Agustín Sánchez-Lavega, Hector Guerrero, Javier Ruiz

Temática: CNA, GTC, MICIIN, etc,...

COMUNICACIONES PRINT-ONLY

Atmósferas planetarias: la Tierra y el sistema solar

B.González-Merino, E. Palle, y P. Montañés-Rodríguez

Indicios de detección de capas metálicas de la mesosfera terrestre en espectros del Earthshine

J. D. Carrillo, P. Montañés-Rodríguez

Espectroscopía de meteoroides mediante sistemas CCD de alta sensibilidad

J.M. Madiedo y J.M. Trigo-Rodríguez

Una revisión de la caracterización de los sensores usados en teledetección terrestre y planetaria

A. Calle

Profundidad de falla y flujo térmico en Mercurio

I. Egea-González, J. Ruiz, C. Fernández, J.-P. Williams, A. Márquez, L. M. Lara

Estudio morfométrico e hidráulico de canales de escorrentía en Marte .

A. Molina y M. A. de Pablo

The Noachian-Hesperian paleoenvironmental conditions studied in Ophir Chasma, Valles Marineris

A. Molina, D. C. Fernández-Remolar, y M. A. de Pablo

Relieves glaciares en el flanco Noroeste del volcán Hecates Tholus, Marte. Análisis y cartografía de imágenes CTX y HiRISE.

M.A. de Pablo y J.D. Centeno

Exopaleontología en Marte, ¿entelequia o futura realidad?

A.Valenciano, J. Morales y M.A. De Pablo

Estudio preliminar de las condiciones paleoambientales en un cráter de impacto en Nepenthes Mensae, Marte.

A.Valenciano y M.A. de Pablo

Índice

Presentación – El Aula Espazio Gela	1
A. Sánchez-Lavega	

ATMÓSFERAS PLANETARIAS

Characterization of Venus’ atmospheric dynamics with ground-based Doppler velocimetry	5
P. Machado, D. Luz, T. Widemann	

Solar Tide on the upper cloud winds of the polar collar region using VIRTIS - M/VEX images	7
J. Peralta, D. Luz, D. Berry, G. Piccioni, P. Drossart, R. Hueso, A. Sánchez-Lavega	

Morfología y dinámica del Vórtice Polar Sur de Venus con datos de VEX	8
I. Garate-Lopez , R. Hueso, A. Sánchez-Lavega	

Un Modelo de Circulación General de la alta atmósfera de Marte: aplicación al análisis de datos	9
F. González Galindo, M.A. López Valverde, F. Forget	

Análisis de la ionosfera de Marte mediante sondeos obtenidos por MARSIS (Mars Express)	12
B. Sánchez - Cano, M. Herraiz, S.M. Radicella, O. Witasse, G. Rodríguez-Caderot	
Oxígeno en las estratosferas de los planetas exteriores y Titán	15
A. González, L. M. Lara, P. Hartogh, C. Jarchow	

La observación de eclipses lunares en preparación para futuras misiones de caracterización de exoplanetas	17
E. Palle, P. Montañés-Rodríguez, A. García-Muñoz, M.R. Zapatero-Osorio, R. Barrena, E.L. Martín	

La gran tormenta de Saturno de 2010	19
A. Sánchez-Lavega, T. del Río-Gaztelurrutia, R. Hueso, J. M. Gómez-Forrellad, J. F. Sanz-Requena, J. Legarreta, E. García-Melendo, F. Colas, J. Lecacheux, L. N. Fletcher, D. Barrado-Navascués, D. Parker, International Outer Planet Watch Team IOPW-PVOL	

Estructura Vertical de la atmósfera de Saturno durante la GWS de 2010	22
J.F Sanz Requena, T. del Río-Gaztelurrutia, S. Pérez-Hoyos, A. Sánchez-Lavega	

Simulaciones de tormentas de gran escala en Júpiter y Saturno	25
E. García-Melendo, J. Legarreta, A. Sánchez-Lavega	

GEOLOGÍA PLANETARIA

Monte Carlo models of Venus resurfacing history	29
I. Romeo	

La evolución térmica de la litosfera de Marte	32
J. Ruiz, V. López, A. Jiménez-Díaz, R. Tejero, C. Fernández	

Minerales magnéticos constituyentes de la corteza de Marte. Posibles microestructuras	34
M. Díaz-Michelena	

COLISIONES EN EL SISTEMA SOLAR

Una hipótesis colisional para el “outburst” del asteroide 596 Scheila	37
F. Moreno, J.L. Ortiz, J. Licandro, N. Morales, L.M. Lara, Z.Y. Lin, A. Molina	

Study of dust in solar and extra-solar planetary Systems	40
---	----

A. Moro-Martín

Comparando los efectos de impactos sobre cuerpos homogéneos y reacumulados 42

P. G. Benavidez, D. D. Durda, B. L. Enke, W. F. Bottke Jr., D. Nesvorn, D. C. Richardson, E. Asphaug, W. J. Merline

Transient Luminous Events: high altitude optical emissions probing upper atmospheres 44

A. Luque, F.J. Gordillo-Vázquez

Detección de impactos de meteoroides en la superficie de la Luna 47

J.M. Madiedo, J.L. Ortiz y N. Morales

ASTEROIDES, TNOS Y COMETAS

TNOs are Cool: un estudio de la región transneptuniana con el telescopio espacial Herschel 53

P. Santos-Sanz, Th.G. Müller, E. Lellouch, H. Bönhardt, J. Stansberry, J.L. Ortiz, A. Thirouin, R. Duffard

Outer Main-Belt asteroids: first analyses of the Wide-field Survey Explorer Preliminary Release 56

V. Alí-Lagoa, J. Licandro, H. Campins, M. Kelley, M. Delbò, Y. Fernández, K. Hargorve, J. Zieffer

Propiedades físicas de los objetos Trans-Neptunianos (TNOs) mediante el estudio de su rotación 58

J.L. Ortiz, A. Thirouin, R. Duffard, P. Santos-Sanz, N. Morales, A. Campo-Bagatín

El extraño caso del planeta enano 2003 EL61 (Haumea) 62

A. Campo-Bagatín, A. Thirouin, J.L. Ortiz, R. Duffard, P.G. Benavidez, D.C. Richardson

Detección de vapor de agua en el cometa 81P/Wild2 con Herschel 64
M. de Val-Borro, P. Hartogh, J. Crovisier, D. Bockelée-Morvan, N. Biver, D. C. Lis,
R. Moreno, C. Jarchow, M. Rengel, y S. Szutowicz

**Estudio teórico de la adsorción de glicina en la superficie (100) de la
forsterita** 65
E. Escamilla-Roa, F. Moreno

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN, OBSERVATORIOS Y METODOLOGÍAS

**La Exploración del Sistema Solar en el Centro Europeo de
Astronomía Espacial** 71
A. Cardesin

**Actividades y Proyectos Científicos del Grupo de Atmósferas Planetarias
del CAB** 73
F.J. Martín Torres

Espectroscopía infrarroja de hielos de interés astrofísico 74
B. Maté, Y. Rodríguez-Lazcano, O. Gálvez, V. J. Herrero, R. Escribano

Estudio de Plasmas en Atmósferas Planetarias 77
F.J. Gordillo-Vázquez, A. Luque, F. Parra, M. Passas

PHA's precovery using the Virtual Observatory 80
E. Solano, C. Rodrigo, O. Vaduvescu

MISIONES ESPACIALES FUTURAS

A multiple-rendezvous, sample-return mission to two near-Earth asteroids . . 85
R. Duffard, K. Kumar, S. Pirrotta, M. Salatti, M. Kubínyi, U. Derz, R. M. G.
Armytage, S. Arloth, L. Donati, A. Duricic, J. Flahaut, S. Hempel, A. Pollinger, S.
Poulsen

Marco Polo-R: a scientific and technological opportunity for spanish researchers	88
J. Licandro, L. M. Lara, A. Campo-Bagatín, J.M. Trigo-Rodriguez	
Caracterización espectral de asteroides carbonáceos y su aplicación a la misión Marco Polo-R	91
J. M. Trigo-Rodríguez, J. Llorca, J.M. Madiedo	
NOMAD: Participación española en ExoMars, la 1ª misión conjunta ESA-NASA al planeta Marte	94
M.A. López Valverde, J.J. López-Moreno, J. Rodríguez, M. López-Puertas, B. Funke, M. García-Comas, F.González-Galindo, A. C. Vandaele	
Marte: Los descubrimientos principales y la misión MEIGA -METNET- PRECURSOR	97
L. Vázquez	
Estrategia en el desarrollo de instrumentación miniaturizada para exploración planetaria	100
H. Guerrero Padrón	

COMUNICACIONES PRINT-ONLY

Atmósferas planetarias: la Tierra y el sistema solar	103
B.González-Merino, E. Palle, y P. Montañés-Rodríguez	
Indicios de detección de capas metálicas de la mesosfera terrestre en espectros del <i>Earthshine</i>	104
J. D. Carrillo, P. Montañés-Rodríguez	
Espectroscopía de meteoroides mediante sistemas CCD de alta sensibilidad	
J.M. Madiedo y J.M. Trigo-Rodríguez	107
Una revisión de la caracterización de los sensores usados en teledetección terrestre y planetaria	110
A. Calle	
Profundidad de falla y flujo térmico en Mercurio	113
I. Egea-González, J. Ruiz, C. Fernández, J.-P. Williams, A. Márquez, L. M. Lara	
Estudio morfométrico e hidráulico de canales de escorrentía en Marte	116
A. Molina y M. A. de Pablo	
The Noachian-Hesperian paleoenvironmental conditions studied in Ophir Chasma, Valles Marineris	119
A. Molina, D. C. Fernández-Remolar, y M. A. de Pablo	
Relieves glaciares en el flanco Noroeste del volcán Hecates Tholus, Marte. Análisis y cartografía de imágenes CTX y HiRISE	122
M.A. de Pablo y J.D. Centeno	
Exopaleontología en Marte, ¿entelequia o futura realidad?	124
A.Valenciano, J. Morales y M.A. De Pablo	
Estudio preliminar de las condiciones paleoambientales en un cráter de impacto en Nepenthes Mensae, Marte	126
A.Valenciano y M.A. de Pablo	

Presentación – El Aula Espazio Gela

Es para mí un honor y un grato placer daros la bienvenida al II Encuentro de Exploración del Sistema Solar que con carácter estatal celebramos en esta ocasión los días 16 y 17 de Junio de 2011 en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao de la UPV-EHU. Este es el segundo encuentro que celebramos, tras el realizado hace dos años en Salobreña, y por lo tanto se puede decir que aún estamos en los inicios de consolidar como colectivo las actividades ampliamente multidisciplinares con las que, desde diferentes instituciones y puntos de vista, compartimos nuestros intereses en la Ciencia, Tecnología y la Investigación del Sistema Solar. Con todo, el número de comunicaciones presentadas a este congreso y su calidad nos hacen ver la importancia que esta disciplina está alcanzando en España, cada vez más significativa en las áreas de Astronomía y Astrofísica, Astrobiología, Geología Planetaria y en la perspectiva global de la Exploración Espacial.

La organización de estos II Encuentros corre a cargo del Aula Espazio Gela, una iniciativa impulsada por el Grupo de Ciencias Planetarias de la UPV-EHU en la E.T. S. de Ingeniería y cuya financiación corre a cargo del Dpto. de Promoción Económica de la Diputación Foral de Bizkaia. Tengo que agradecer al Comité Científico en primer lugar su apoyo para elaborar un programa lo más completo y avanzado posible, pero sobre todo he de hacerlo en particular al Comité Local y en destacado lugar a Ricardo Hueso que ha dejado aparcadas bastantes horas de su investigación para llevar adelante la organización de estas Jornadas en sus múltiples facetas.

Agradeceremos finalmente a todos los participantes el esfuerzo por haber venido a Bilbao esperando que estos II Encuentros supongan un mejor conocimiento de lo que hacemos y un acercamiento entre los diferentes grupos que investigamos y exploramos el Sistema Solar a la vez que espero que disfrutéis de vuestra estancia en esta transformada villa de Bizkaia.

Agustín Sánchez-Lavega
Presidente del Comité Científico
Director del Aula Espazio Gela

Ongi Etorria – Aula Espazio Gela

Ohore handia da niretzat 2011ko ekainaren 16 eta 17an EHU-UPVko Bilboko Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoan izango den izaera estataleko Eguzki Sistemaren Esplorazioaren II Topaketara ongi etorria ematea. Honako hau ospatzen dugun bigarren topaketa da, Salobreñan duela bi urte ospatutakoaren ostean, eta beraz, esan dezakegu, komunak ditugun jakintza-alor anitzeko ekintzak, erakunde eta ikuspuntu ezberdinetatik, kolektibo bezala finkatzeko hasierako urratsetan gaudela oraindik. Guztiarekin ere, aurkeztutako komunikazio kopuruak eta hauen kalitateak diziplina hau Espainian hartzen ari den garrantzia ikustarazten digute; Astronomia eta Astrofisikan, Astrobiologian, Geologia Planetarioan eta Espazio-Esplorazioaren perspektiba orokorrean gero eta adierazgarriagoa.

II Topaketa honen antolaketa, UPV-EHUko Ingeniaritza G.E.Teknikoko Zientzia Planetarioen Taldeak bultzatutako Aula Espazio Gelak zuzentzen du, Bizkaiko Foru Aldundiaren Berrikuntza eta Sustapeneko departamentuaren dirulaguntzarekin. Lehenenik, programarik zabalena eta aurreratuena prestatzeko Batzorde Zientifikoak emandako laguntza eskertu behar dut, baina batez ere Lekuko Batzordearen lana eta bereziki, Ricardo Hueso, ikerketa ordu asko alde batera utzi dituelako topaketa honen alderdi anitzen antolaketa aurrera eramaten.

Azkenik eskerrak eman partaide guztioi Bilbora etortzeagatik. Neure itxaropena da, II Topaketa hau, egiten duguna hobeto ezagutzeko balioko duela eta baita eguzki-sistema ikertzen dugun talde desberdinen arteko hurbilketa sakonago bat izango dela. Aldi berean, eraberrituta dagoen Bizkaiko hiri honetan egingo duzuen egonaldia goza dezazuen espero dut.

Agustín Sánchez-Lavega
Batzorde Zientifikoaren presidentea
Aula Espazio Gelako zuzendaria

ATMÓSFERAS PLANETARIAS

Characterization of Venus' atmospheric dynamics with ground-based Doppler velocimetry

P. Machado^(1,2), D. Luz⁽¹⁾, T. Widemann⁽²⁾

e-mail: pedro.machado@obspm.fr

¹ CAAUL-Centro de Astronomia e Astrofísica de Lisboa, Portugal,

² LESIA-Observatoire de Paris, France.

We present an analysis of observations of Venus made with the UVES instrument (Ultraviolet and Visual Echelle Spectrograph) at ESO's Very Large Telescope. We performed Doppler velocimetry based on high-resolution UVES spectra of visible solar Fraunhofer lines, probing an altitude close to the cloud tops.

The UVES instrument achieves both high spectral resolving power ($R \approx 100000$) and high spatial resolution. Observations were made at a central wavelength of 580 nm. The narrow slit width combined with the large angular size of the planet allows a direct determination of latitudinal (slit perpendicular to equator) or longitudinal (slit parallel to equator) dependence of the zonal winds in both the northern and southern hemispheres.

The circulation up to the cloud tops is characterized by a monotonically increasing zonal wind, reaching its maximum close to 70 km. Cloud-top winds were measured from Doppler velocimetry, a technique which has been used previously to measure Titan's winds from the Doppler shifts of the solar reflected spectrum ⁽¹⁾, and Doppler shifts of CO₂ absorption lines ^(2,3). The spatially-resolved velocity changes on the source are measured using the optimal weight of intensity variations along the spectra to perform absolute accelerometry, with respect to a reference spectrum ^(4,5,6).

The objective of this work is to help constrain the atmospheric dynamics of Venus, in particular as regards the study of atmospheric super-rotation, in coordination with the effort under way with the European Space Agency's Venus Express mission (VEx). Major objectives are (1) to measure the latitudinal profile of the zonal winds in the cloud layer, mesosphere and in the thermosphere and to search for wave motions through ground-based spectroscopic observations, using Doppler techniques; (2) to complement in-situ observations made by space missions (which use cloud tracking techniques or infer winds indirectly); (3) to improve our understanding of the nature of the processes governing super-rotation in the atmosphere of Venus, in particular waves and wave-mean flow interactions, as well as the latitudinal extent of the cyclostrophic balance approximation at cloud top level.

Relative Doppler shifts allow to retrieve relative variations in the latitudinal profile of the zonal wind. The narrow slit width combined with the large angular size of the planet allows to characterize latitudinal and longitudinal variations of the wind, and the results of three nights of observation were used to deduce the variability of the circulation.

The method allowed to create an approximate wind map in the case of observations obtained with the spectroscopic slit parallel to the equator. We will discuss the results and their intercomparison with previous spacecraft observations, in particular with Venus Express observations by the VIRTIS and VMC instruments ^(7,8).

Referencias

1. Luz et al. *Icarus* 179, 497 (2005).
2. Widemann et al. *PSS* 55, 1741 (2007).
3. Widemann et al. *PSS* 56, 1320 (2008).
4. Luz et al. *JGR* 111, (2006).
5. Gaulme et al. *PSS* 56, 1335 (2008)
6. Gabsi et al., (2008).
- 7 Sánchez-Lavega et al *GRL* 35, L13204 (2008)
- 8 Moissl et al. *JGR* 114, E0031 (2009).

Solar Tide on the upper cloud winds of the polar collar region using VIRTIS-M/VEX images

J. Peralta¹, D. Luz¹, D. Berry², G. Piccioni³, P. Drossart⁴, R. Hueso⁵ and A. Sánchez-Lavega⁵

e-mail: peralta@oal.ul.pt

¹CAAUL / Observatório Astronómico de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-018 Lisboa, Portugal, Phone: +351 213 616 747, Fax: +351 213 616 752, e-Mail: peralta@oal.ul.pt

² Universidade de Évora, Portugal

³ IASF / INAF, 100 Via del Fosso del Cavaliere, Rome, Italy

⁴ LESIA / Observatoire de Paris, CNRS UPMC, Univ. Paris-Diderot, 5, Place Jules Janssen, 92195 Meudon, France

⁵ Dep. Física Aplicada I / Escuela Superior de Ingeniería, Universidad del País Vasco, Bilbao, Spain

The effect of the solar tides on the winds at the top of the clouds in Venus has been studied using cloud tracking with VEX/VIRTIS-M images taken at wavelengths 3.8 and 5.0 μm , allowing for the first time work with same altitude winds simultaneously from the day and nightside. The dataset included observations from 17 orbits, covering a time span of 290 days and the latitude interval between 70°S and 85°S, region associated with the cold collar. The diurnal tide (wavenumber 1) is found to dominate both components of the wind, while the semidiurnal tide (wavenumber 2) seems absent or too weak to be detected. The diurnal tide presents amplitudes of about 5.62 and 6.44 m/s for the zonal and meridional winds respectively. This supports the important role of the diurnal tide in the maintenance of the mean zonal flow and that it can drastically change the sense of the meridional flow. While the tidal amplitude seems not to suffer significant changes, the phase displays a temporal variability that could be subject to the tide vertical propagation and/or the influence of the polar vortex. Finally, a persistent lag is apparent between the phase of zonal and meridional disturbances, implying that the diurnal tides tends to force equatorward winds when accelerating the mean flow, and poleward winds when decelerating it.

Morfología y dinámica del Vórtice Polar Sur de Venus con medidas de VIRTIS durante la misión Venus Express

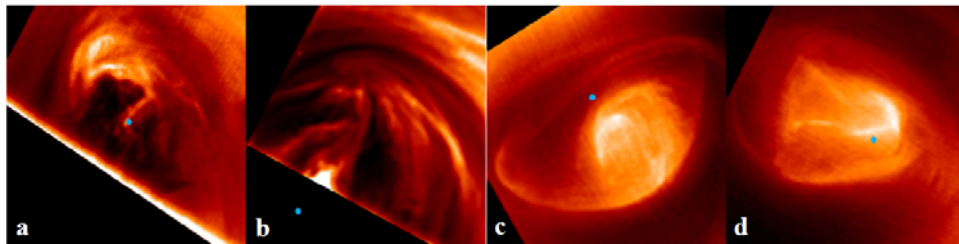
I. Garate-Lopez¹, R. Hueso¹, A. Sánchez-Lavega¹

e-mail: itziar_garate@ehu.es

¹ Universidad del País Vasco, Bilbao, Spain

El instrumento VIRTIS a bordo de VEX observa Venus en dos canales (visible e infrarrojo), obteniendo espectros e imágenes multi-wavelength del planeta. En este trabajo presentamos un estudio de la variable morfología del Vórtice Polar Sur en dos capas de nubes, superior e inferior, y un estudio dinámico basado en las medidas del campo de vientos en el vórtice obtenidas por seguimiento de nubes a lo largo de una amplia serie de imágenes y longitudes de onda sensibles a diferentes niveles de alturas.

Analizamos los resultados del lado nocturno del planeta con imágenes en el infrarrojo cercano (1.74 μm) sensible a la nube inferior (45km) y de ambos lados, diurno y nocturno, con imágenes en el infrarrojo térmico (3-5 μm) sensible a la cima de nubes (65km). También exploramos las diferentes dinámicas asociadas a la variable morfología del vórtice.



Figura

1. *Imágenes obtenidas en diferentes órbitas mostrando la morfología variable del vórtice polar sur de Venus en las nubes inferiores (paneles a y b, longitud de onda 1.74 μm)*

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MICIIN español (AYA2009-10701) con el apoyo del FEDER y Grupos Gobierno Vasco TI-464-07.

Un Modelo de Circulación General de la alta atmósfera de Marte: aplicación al análisis de datos

F. González Galindo¹, M.A. López Valverde¹, y F. Forget²

e-mail: ggalindo@iaa.es

¹Instituto de Astrofísica de Andalucía/CSIC, Granada, España

²Laboratoire de Météorologie Dynamique, CNRS/Université Pierre et Marie Curie, París, Francia

La alta atmósfera de Marte (las capas situadas por encima de unos 60 km sobre la superficie, incluyendo la mesosfera y la termosfera) es el escenario de procesos físicos muy importantes, como el escape atmosférico, esencial para entender la evolución a largo plazo de la atmósfera, y la interacción de la atmósfera con la radiación solar incidente. También en esta región se producen las maniobras de aerofrenado por las que las sondas espaciales disminuyen su velocidad mediante el rozamiento con la atmósfera para conseguir insertarse en órbita marciana. Para un buen desarrollo de estas maniobras es fundamental un conocimiento previo de la densidad atmosférica en la baja termosfera. Las observaciones de la alta atmósfera marciana muestran también la importancia del acoplamiento con la baja atmósfera. Por estas razones, durante la última década el Modelo de Circulación General (MCG) de la atmósfera de Marte desarrollado en el Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD, París, Francia)⁽¹⁾, MCG-LMD, ha sido extendido hasta la alta atmósfera en un trabajo conjunto del LMD y el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA)^(2,3,4). Es el único MCG que permite actualmente el estudio consistente de todas las capas de la atmósfera marciana, desde la superficie hasta la exosfera, e incluyendo también la ionosfera.

Este modelo se está usando para la simulación de la temperatura, densidad, composición y dinámica de la alta atmósfera marciana. Se está poniendo un énfasis especial en las comparaciones con datos observacionales, que permiten por un lado validar el modelo y por otro alcanzar un mejor conocimiento de los procesos físicos que producen las estructuras observadas. Nos centraremos aquí en algunas de estas comparaciones.

Las temperaturas en la base de la exosfera son un parámetro fundamental para los modelos que estudian el escape atmosférico y la evolución a largo plazo de la atmósfera marciana. Sin embargo, hasta recientemente sólo se disponía de unas

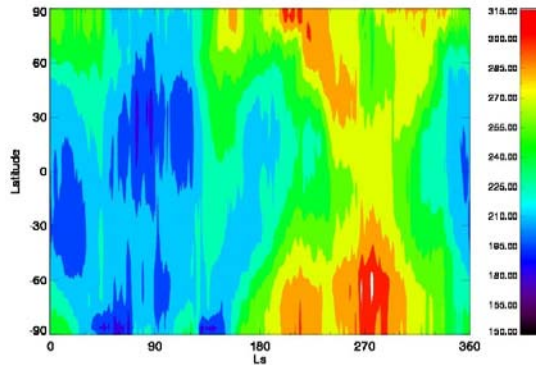


Figura 1. Temperatura predicha por el MCG-LMD en la exobase marciana en función de la latitud y de la estación ($L_s=90$ para solsticio de verano y $L_s=270$ solsticio de invierno en hemisferio Norte)

pocas medidas esporádicas de este parámetro. El MCG-LMD ha sido utilizado para estudiar las variaciones estacionales, diurnas y con el ciclo solar de las temperaturas en la exobase ⁽⁴⁾ y comparar con medidas recientes. El modelo predice variaciones estacionales de temperatura en la exobase de entre 90 y 140 K, dependiendo de la latitud, debidas sobre todo a la excentricidad de la órbita marciana y con poca influencia de la variación estacional de la cantidad de polvo en suspensión (figura 1). Fuertes variaciones diurnas de temperatura son también predichas, debidas al intenso calentamiento UV diurno que da lugar a importantes mareas térmicas.

La comparación con la temperatura en la alta termosfera inferida a partir del posicionamiento preciso de la sonda MGS ⁽⁵⁾ muestra que el modelo tiende a sobreestimar las temperaturas termosféricas. La comparación con perfiles térmicos de la región de la mesopausa obtenidos por SPICAM ⁽⁶⁾ muestran una tendencia similar. Esto es debido probablemente a las aproximaciones realizadas en el transporte radiativo infrarrojo por CO₂. Hemos desarrollado nuevas parametrizaciones de estos procesos cuyo comportamiento y validez están siendo comprobados actualmente. Las primeras pruebas muestran que estas nuevas parametrizaciones mejoran la comparación de los resultados del modelo con los datos.

Recientemente se han observado nubes formadas por hielo de CO₂ en la mesosfera marciana ⁽⁷⁾. Estas observaciones implican que la temperatura atmosférica ha de estar por debajo de la temperatura de condensación de CO₂, y además han permitido determinar la velocidad zonal del viento en la mesosfera. Las nubes aparecen sólo en unos determinados periodos del año y en un intervalo limitado de latitudes y longitudes geográficas y de horas locales. Hemos usado el MCG-

LMD para relacionar la climatología de las nubes observadas con la climatología de las temperaturas mesosféricas predichas por el modelo. Hemos hallado que las mareas térmicas diurnas son fundamentales para explicar la distribución latitudinal de las nubes y la variación de su altura con la hora local. También hemos encontrado que las mareas no migratorias explican la distribución longitudinal de estas nubes. La comparación entre los vientos predichos por el modelo y los inferidos a partir de las observaciones de las nubes ha permitido validar por primera vez la dinámica mesosférica predicha.

Otras comparaciones con datos incluyen el calentamiento termosférico polar observado por Mars Odyssey ⁽⁸⁾, que ha permitido mostrar la importancia de las mareas creadas in-situ para la formación de este calentamiento, o las densidades termosféricas medidas mediante reflectometría de electrones por Mars Global Surveyor ⁽⁹⁾. Otros conjuntos de datos están siendo estudiados en la actualidad con el MCG-LMD, incluyendo las emisiones nocturnas de NO medidas por SPICAM, las densidades electrónicas en la ionosfera medidas por varios instrumentos o las densidades neutras en la baja termosfera determinadas durante el aerofrenado de distintas misiones.

Referencias

1. F. Forget y col. J. Geophys. Res. 104, 24155-24175 (1999).
2. M. Angelats i Coll y col. J. Geophys. Res. 109, E01011 (2004)
3. M. Angelats i Coll y col. Geophys. Res. Lett. 32, L04201 (2005)
4. F. González-Galindo y col. J. Geophys. Res. 114, E04001 (2009)
5. A. Määttänen y col. Icarus 209 452-469 (2010)
6. J. Forbes y col. Geophys. Res. Lett. 35, L01201 (2008)
7. F. Forget y col. J. Geophys. Res. 114, E01004 (2009)
8. F. González-Galindo y col. J. Geophys. Res. 114, E08004 (2009)
9. R. Lillis y col. J. Geophys. Res. 115 (2010)

Análisis de la ionosfera de Marte mediante sondeos obtenidos por el equipo MARSIS (Mars Express).

B. Sánchez - Cano¹, M. Herraiz^{1,2}, S.M. Radicella³, O. Witasse⁴, G.

Rodríguez-Caderot⁵

e-mail: beasanch@fis.ucm.es

¹ Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid (UCM), Madrid, España. MEIGA-METNET PROJECT.

² Instituto de Geociencias (UCM-CSIC), Madrid, España.

³ Aeronomy and Radiopropagation Laboratory of Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP), Trieste, Italia.

⁴ ESA/ESTEC, Noordwijk, Países Bajos.

⁵ Sección departamental de Astronomía y Geodesia, Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid (UCM), Madrid, España. MEIGA-METNET PROJECT.

En el marco de entendimiento de la física y la química de atmósferas e ionosferas planetarias, la ionosfera de Marte ha sido un importante tema de investigación en los últimos 40 años, aunque hasta la llegada de Mars Express en 2003, ninguna de las misiones con destino Marte había llevado consigo sondeadores que permitiera obtener perfiles de la densidad electrónica de la parte superior de dicha ionosfera.

Por tanto, la información fundamental de la que durante muchos años se ha dispuesto ha sido a partir de datos de radio ocultación. Esta técnica es muy usada en el caso de la ionosfera terrestre, lo que permite una comparación entre las ionosferas de ambos planetas.

Actualmente, se conoce que la ionosfera superior marciana se sitúa por encima de los 200 km de altura, que en esa región los procesos de transporte son significativos y que existe una gran abundancia de O y O⁺. De igual modo, se sabe que esta ionosfera está formada por una capa principal llamada M1 localizada en torno a 135 km de altura que se forma principalmente por la radiación solar de la zona del espectro ultravioleta extremo (EUV) con longitud de onda entre 10 y 90 nm y que en ella domina el ion O²⁺ aunque existen pequeñas concentraciones de CO²⁺ y O⁺. Así mismo existe una capa secundaria llamada M2 que se localiza en torno a 110 km de altura y que se forma por los rayos X solares de longitud de onda 10 nm y por la ionización de impacto debida a los fotoelectrones y a los electrones secundarios. Finalmente, conviene señalar la existencia de una tercera capa, entre 65 y 110 km de altura, que se observa en contadas ocasiones, denominada M3 o capa meteorítica. Esta capa se forma a partir de meteoros y de polvo de la

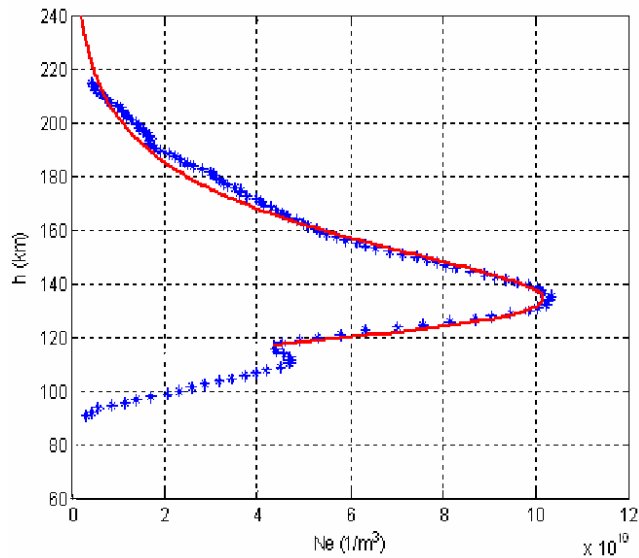


Figura 1. Comparación entre los datos experimentales obtenidos por radio ocultación (azul) con el modelo empírico obtenido en este estudio a través de sondeos (rojo).

atmósfera, de ahí, que principalmente esté compuesta por iones atómicos metálicos derivados de la ablación de meteoros ⁽¹⁾.

Es importante tener en cuenta que Marte carece de un campo magnético global que dé origen a la aparición de una magnetosfera de ámbito planetario, aunque existen regiones en la corteza del planeta intensamente magnetizadas, sobretodo en el rango de latitud 30°S-85°S y de longitud 120°W-210°W, donde los campos alcanzan valores de hasta ~1600 nT medidos a ~100 km de altura y que podrían influir en esta capa atmosférica ⁽²⁾.

El objetivo final de la investigación en curso es crear un modelo empírico de la densidad electrónica de la ionosfera marciana para las zonas no afectadas por las anomalías magnéticas de superficie, utilizando la información obtenida por el sondeador de la Mars Express complementado por los datos obtenidos por la técnica de radio ocultación. A partir de estos últimos datos y en una etapa preliminar de este estudio ha sido posible asumir que la ionosfera de Marte responde adecuadamente a un modelo de Capa- α de Chapman ⁽³⁾. Con la ayuda del modelo empírico se buscará determinar el efecto del magnetismo superficial sobre la estructura de la ionosfera marciana.

El segundo paso en esta línea de trabajo ha sido la creación de un primer modelo experimental de la capa ionosférica M1 a partir de los datos disponibles del radar de bajas frecuencias, MARSIS, a bordo de la misión Mars Express de la Agencia

Espacial Europea (ESA). Los datos fueron obtenidos del archivo de ciencias planetarias de la ESA. Con el fin de modelar el comportamiento de la densidad electrónica con la altura de dicha capa atmosférica, se analizaron más de 200 ionogramas de los dos hemisferios de Marte, pero sólo en regiones sin presencia de anomalías magnéticas en la superficie del planeta. Los datos correspondían al periodo Julio-Octubre de 2005. Este modelo ha sido comprobado con perfiles de densidad electrónica en función de la altura, del periodo 1998-2005, procedentes de la misión de la NASA Mars Global Surveyor (MGS) y que son independientes a los datos utilizados en el modelo (Figura 1). También ha sido contrastado con otros perfiles obtenidos de ionogramas de MARSIS (Mars Express) que tampoco habían sido usados previamente para obtener el modelo.

En una nueva fase del estudio, comenzada recientemente, se ha iniciado el análisis de ionogramas obtenidos sobre zonas con anomalías magnéticas corticales, así como la consideración de una altura de escala variable en el topside.

Referencias

- 1 Pätzold, M. et al. *Science*, 310, 837-838 (2005).
- 2 Acuña, M.H. et al. *J. Geophys. Res.*, 106, 23403-23417 (2001)
- 3 Sánchez-Cano, B. Universidad Complutense de Madrid, 40pp, 2010

Oxígeno en las estratósferas de los planetas exteriores y Titán

A. González¹, L. M. Lara², P. Hartogh¹ y C. Jarchow¹

e-mail: gonzalez@mps.mpg.de

¹Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, 37191 Katlenburg-Lindau, Alemania

²Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC, 18008 Granada, España

El vapor de agua se detectó por primera vez en las estratósferas de todos los planetas exteriores de nuestro Sistema Solar⁽¹⁾ y Titán⁽²⁾ con ISO-SWS (Infrared Space Observatory – Short Wavelength Spectrometer) al observar las líneas de emisión entre 25 y 45 μm . La tropopausa, más o menos en la región de 100 mbar en todos los planetas exteriores y Titán, es una región de temperatura mínima y actúa como trampa para todas las especies condensables, debido a esto, el vapor de agua que proviene del interior de los planetas exteriores debe condensar en esta región y no puede entonces alcanzar la estratósfera. La presencia de vapor de agua en las estratósferas de los planetas exteriores y Titán requiere por tanto una fuente externa de oxígeno, esta puede ser: micrometeoritos, impactos de cometas, sputtering desde los satélites y/o anillos.

Con el objetivo de comprender mejor la abundancia de compuestos oxigenados en las estratósferas de los planetas exteriores y Titán, hemos desarrollado modelos fotoquímicos que predicen dichas abundancias^(4,5) (tomando en cuenta también hidrocarburos en todos los casos y compuestos nitrogenados sólo en el caso de Titán). Estos modelos incluyen un esquema fotoquímico completo que permite la

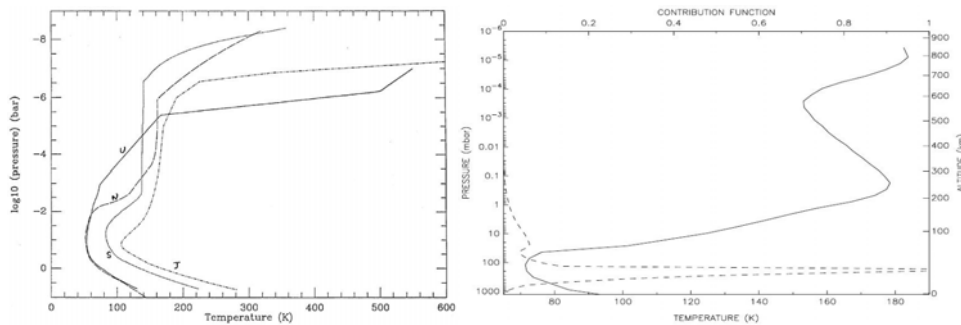


Figura 1. Perfiles térmicos de los cuatro planetas exteriores⁽³⁾ (izquierda) y perfil térmico de Titán⁽²⁾ (línea continua, derecha).

interacción entre diferentes especies, estudia con detalle procesos de transporte (molecular y turbulento) y procesos de condensación, toma en cuenta la entrada de

oxígeno externo y usa valores actualizados obtenidos en laboratorios para las eficiencias de las reacciones químicas y las secciones eficaces de fotoabsorción.

Este trabajo forma parte del proyecto "Water and related chemistry in the Solar System", conocido también como "Herschel Solar System Observations" (HssO)⁽⁶⁾, el cual tiene como objetivo observar agua y otras especies con abundancia atmosférica baja en nuestro Sistema Solar utilizando diferentes instrumentos a bordo del Telescopio Espacial Herschel: HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared) un espectrómetro de muy alta resolución, PACS (Photodetecting Array Camera and Spectrometer), y SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver) ambos cámaras y espectrómetros de baja resolución. Las diferentes líneas de emisión de agua observadas por Herschel se usan para validar las predicciones de los perfiles verticales obtenidos de nuestros modelos.

Referencias

- 1 H. Feuchtgruber et al. *Nature* 389, 159-162 (1997).
- 2 A. Coustenis, et al. *Astronomy and Astrophysics* 336, L85-L89 (1998).
- 3 T. Encrenaz. *The Astronomy and Astrophysics Review* 9, 171-219 (1999).
- 4 L. M. Lara et al. *Journal of Geophysical Research* 101, 23261-23283 (1996).
- 5 A. González, P. Hartogh y L. M. Lara. *Advances in Geosciences* (2010) Aceptado.
- 6 P. Hartogh et al. *Planetary and Space Science* 57, 1596-1606 (2010).

La observación de eclipses de luna en preparación para futuras misiones de caracterización de exoplanetas

E. Palle¹, P. Montañés-Rodríguez¹, A. Garcia-Muñoz¹, M.R. Zapatero-Osorio², R. Barrena¹ y E.L. Martín²

e-mail: epalle@iac.es

¹ Instituto de Astrofísica de Canarias, Vía Lactea sn, 38200, La Laguna, Tenerife.

² Centro de Astrobiología, CSIC-INTA, Madrid, Spain

Las últimas dos décadas han sido testigo del descubrimiento de cientos de planetas extrasolares, y cada vez hay más misiones, tanto desde Tierra como en el Espacio, dedicadas a su búsqueda. Con un gran número de esos exoplanetas descubiertos ya, estamos asistiendo a una transición de una etapa de descubrimiento a otra de caracterización de las atmósferas de esos planetas, con especial énfasis en la búsqueda de planetas rocosos. Una vez que estos planetas se encuentren, los esfuerzos se concentrarán en el estudio y caracterización de sus atmósferas para ver si en ellos se dan las condiciones adecuadas para la vida.

Gran parte de los hallazgos de planetas extrasolares se han llevado a cabo mediante búsquedas de tránsitos (disminución periódica del brillo estelar debido al planeta cruzando por su disco). En este sentido, cuando un cuerpo celeste pasa por delante de una estrella, su luz atraviesa la atmósfera planetaria y se ve modificada por los compuestos químicos que ésta contenga (nitrógeno, oxígeno, metano, etc). Si se estudia el espectro de la estrella antes y después de que el planeta transite por ella, se obtiene el espectro de transmisión del planeta, o lo que es lo mismo, se puede estudiar su atmósfera.

En preparación para la interpretación de los espectros de planetas extrasolares, resulta de suma utilidad poder contar con observaciones de la Tierra y del resto de los planetas del sistema solar, observadas como un punto. Observaciones de la luz cenicienta reflejada en la Luna ofrece una gran oportunidad para observar la luz reflejada por la atmósfera terrestre u medir su variabilidad y la presencia de biomarcadores^(1, 2). Asimismo la observación de eclipses de Luna es una gran oportunidad para medir el espectro de transmisión de la Tierra^(3,4), como si se tratara de un planeta extrasolar cruzando por delante de su estrella.

En nuestro grupo nos hemos especializado en este tipo de observaciones integradas de la Tierra. En esta contribución discutiremos la observación y

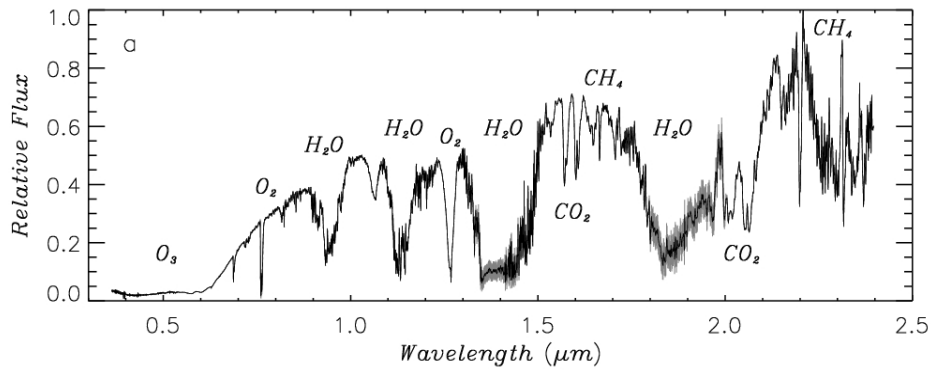


Figura 1. Espectro de transmisión de la atmosfera terrestre, obtenidos mediante la observación del eclipse de Luna del 18 de Agosto de 2008.

caracterización del espectro de transmisión terrestre y los detalles de un código de transporte radiativo que hemos diseñado para la interpretación de estos datos⁽⁵⁾. Asimismo discutiremos las nuevas campañas de observación, pasadas y futuras, para la caracterización del espectro terrestre a mayor resolución espectral y cobertura en longitud de onda.

Referencias

1. P. Montañés-Rodríguez et al. *ApJ*, 651, 544-552 (2006)
2. P. Montañés-Rodríguez et al. *ApJ*, 629, 1175-1182 (2005)
3. E. Palle, et al. *Nature*, 459, 814-816 (2009)
4. E. Palle, M.R. Zapatero-Osorio, y A. Garcia-Muñoz *ApJ*, 728, 19-26 (2011)
5. A. Garcia-Muñoz, y E. Palle *JQSRT*, in press (2011).

La gran tormenta del hemisferio norte de Saturno del año 2010

A. Sánchez-Lavega¹, T. del Río-Gaztelurrutia¹, R. Hueso¹, J. M. Gómez-Forrellad², J. F. Sanz-Requena³, J. Legarreta⁴, E. García-Melendo^(2,5), F. Colas⁶, J. Lecacheux⁷, L. N. Fletcher⁸, D. Barrado-Navascués⁹, D. Parker¹⁰ & International Outer Planet Watch Team IOPW-PVOL

e-mail: agustin.sanchez@ehu.es

¹ Departamento de Física Aplicada I, E.T.S. Ingenieros, Universidad del País Vasco, Alameda Urquijo s/n, 48013 Bilbao (Spain).

² Esteve Duran Observatory Foundation, Seva (Spain).

³ Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid (Spain)

⁴ Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, E.U.I.T.I., Universidad País Vasco, Bilbao (Spain).

⁵ Institut de Ciències de l'Espai (CSIC-IEEC), Campus UAB, Facultat de Ciències, Torre C5, parell, 2a pl., E-08193 Bellaterra, Spain.

⁶ Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides, Bureau des Longitudes, Paris (France)

⁷ LESIA, Observatoire de Paris-Meudon, Paris (France)

⁸ Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics, Department of Physics, Clarendon Laboratory, University of Oxford, Parks Road, Oxford, OX1 3PU (UK).

⁹ Centro Astronómico Hispano Alemán, Observatorio de Calar Alto MPIA-CSIC, Almería (Spain)

¹⁰ Association of Lunar and Planetary Observers (ALPO), Coral Gables, Florida (USA)

Los planetas gigantes del sistema solar tienen abundantes tormentas convectivas que se manifiestan visualmente al telescopio como manchas brillantes de nubes que crecen en área rápidamente y se vuelven irregulares al ser dispersadas por los vientos⁽¹⁾. A las bajas temperaturas de Júpiter y Saturno (mínimas de 124 K y 85 K respectivamente en la tropopausa), se condensan nubes formadas por cristalitas de hielo de amoníaco (NH₃), hidrosulfuro de amonio (NH₄SH) y agua, por orden de profundidad en Júpiter y Saturno entre los niveles de presión de 0.5 y 5 - 10 bares respectivamente.

Según nuestros trabajos anteriores, las tormentas de agua con origen a unos 10 bares de profundidad, son capaces de generar en Saturno un fenómeno sumamente raro, "Las Grandes Manchas Blancas", que según las observaciones tiene lugar una vez cada año de Saturno (29.5 años terrestres)^(2,3,4,5). Las más significativas han ocurrido en el ecuador, concretamente en los años 1876, 1933 y 1990 (seguida de otra en 1994) con una periodicidad aparentemente de 60 años. En el año 1903 surgió una tormenta en la latitud 36°N y en 1960 latitudes subpolares de 60°N. Estas manchas brillantes llegan a crecer horizontalmente hasta alcanzar tamaños de entre 10.000 y 20.000 kms, a partir del cual se genera una perturbación de escala planetaria durante la cual las nubes son dispersadas por los vientos

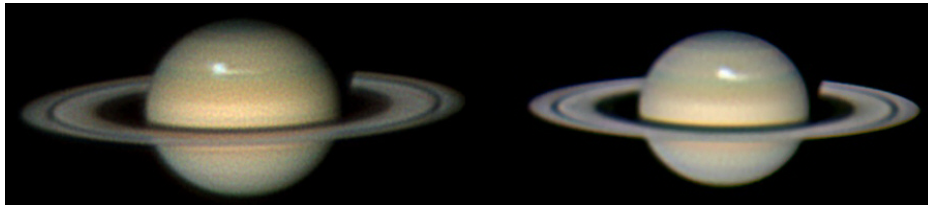


Figura 1. La tormenta en su fase inicial observada por C. Go (13 Diciembre 2010) y A. Wesley (14 Diciembre 2010)

zonales en dirección de los paralelos.

Para nuestra sorpresa, y varios años antes de lo previsto, el 5 de Diciembre de 2010 se desencadenó una enorme tormenta en el paralelo 40°N (Figura 1), muy cerca de la latitud del evento de 1903. Durante los meses transcurridos hasta la fecha hemos estudiado la evolución del fenómeno usando imágenes obtenidas con una amplia variedad de telescopios que nos ha permitido un seguimiento diario del evento. En esta comunicación presentamos resultados sobre la dinámica de la tormenta y de la perturbación planetaria que desencadenó, incluyendo simulaciones numéricas de la misma que nos permite explorar con detalle la estructura subyacente bajo las nubes superiores de la atmósfera de Saturno (Figura 2).

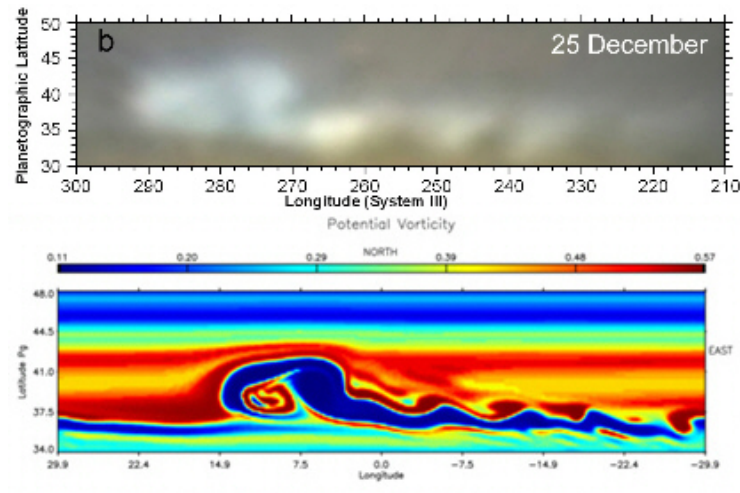


Figura 2. Parte superior: Mapa de la tormenta observada en luz visible comparada en la parte inferior con un mapa de la simulación numérica usando el código EPIC.

Referencias

1. Sánchez-Lavega, A. *Icarus*, 49, 1 - 16 (1982).
2. Sánchez-Lavega A., Battaner E. *Astron. Astrophys.*, 185, 315-326 (1987).
3. Sánchez Lavega A. et al. *Nature*, 353, 397 - 401 (1991).
4. Sánchez Lavega A. et al. *Science*, 271, 631 - 634 (1996).
5. Hueso, R. and Sánchez-Lavega A. *Icarus*, 172, 255-271 (2004).

Estructura Vertical de la atmósfera de Saturno durante la GWS de 2010

J.F Sanz Requena¹, T. del Río-Gaztelurrutia² S. Pérez-Hoyos², A. Sánchez-Lavega²

e-mail: ifsanz@uemc.es

¹ Universidad Europea Miguel de Cervantes. C/Julio Chevalier,nº2 47012. Valladolid. (Spain)

² Departamento de Física Aplicada I, E.T.S. Ingenieros, Universidad del País Vasco, Alameda Urquijos/n, 48013 Bilbao (Spain).

En este trabajo estudiamos la estructura vertical de nubes y nieblas en la atmósfera superior de Saturno durante la formación de la tormenta gigante, conocida como GWS ⁽¹⁾ que se inició en el mes de Diciembre de 2010. Se han utilizado imágenes del observatorio Pic du Midi usando tres filtros: UV (375 nm), azul (480 nm) y metano (893 nm) ver Figura 1.

Utilizando el código de transporte radiactivo basado en la técnica “doubling-adding”⁽²⁾, hemos reproducido la variación centro-limbo de la reflectividad absoluta a latitud correspondiente a la cabeza de la tormenta. Dichas observaciones se han caracterizado utilizando la ley Minnaert:

$$I/F = (I/F)_0 \mu_0^k \mu^{k-1} \quad (1)$$

donde $(I/F)_0$ es la reflectividad corregida geoméricamente y k es el coeficiente de oscurecimiento hacia el limbo. Comparando los resultados fotométricos con el modelo reproducido de forma similar a trabajos anteriores⁽³⁾ podemos deducir conclusiones respecto a la estructura vertical de la atmósfera.

El modelo atmosférico que hemos utilizado es de cinco capas siendo dos ellas las que describen la niebla estratosférica y la niebla troposférica. Para modelar la niebla estratosférica entre 20 y 100 mbar hemos utilizado una función de fase de Mie con una partícula de un tamaño promedio de 0.1 μm de radio, índice de refracción real $m_r = 1.43$ e índice imaginario variable m_i . Para las partículas troposféricas extendidas desde una presión P hasta 1400 mbar (nivel de condensación del NH_3) hemos utilizado una función de fase doble de Henyey-Greenstein (2hg) caracterizada por el albedo de difusión única ω_0 y por los parámetros f , g_1 y g_2 que controlan la contribución de la difusión hacia delante y hacia atrás de las partículas. Ambas capas de partículas contaban como parámetro libre del modelo su espesor óptico τ . Con respecto al gas, se caracteriza la absorción del metano convolucionando el espectro revisado del metano⁽⁴⁾ con la respuesta espectral de los filtros utilizados, y la difusión Rayleigh con una mezcla de H_2 y He ^(3,5).

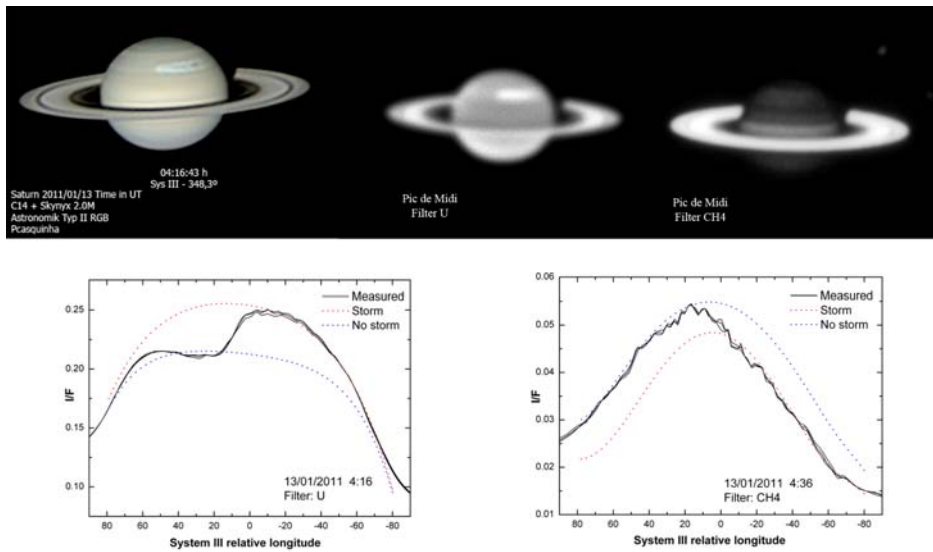


Figura 1. Imagen multiespectral de la GWS y fotometría

Tabla 1. Resultados del modelo para la niebla estratosférica y troposférica

		Zona con tormenta			Zona sin tormenta		
		UV	Azul	CH4	UV	Azul	CH4
Niebla estratosférica	τ	0.6	0.3	0.15	0.6	0.2	0.14
	m_i	-0.001	-0.0005	-0.0001	-0.001	-0.0005	-0.0001
Niebla troposférica	P(mbar)	100	100	150	100	100	100
	ω_0	0.86	0.99	0.999	0.78	0.84	0.85
	τ	40	20	50	20	20	50
	f	0.9	0.81	0.55	0.9	0.3	0.83
	g_1	0.68	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6
	g_2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.3	-0.5	-0.35

Los resultados preliminares de nuestros modelos se resumen en la Tabla 1 y su comparación con las observaciones en la Figura 1. Esencialmente, se detecta en el filtro del metano una nube notablemente más densa pero al mismo tiempo más baja que los alrededores de la tormenta que permanecen sin ser perturbados. Al mismo tiempo, las partículas inyectadas por la más que probable actividad convectiva de la perturbación resultan ser más reflectantes que las partículas previamente presentes en la troposfera. Algunos de estos resultados, como el incremento de densidad de partículas brillantes en la troposfera, son coherentes con los modelos de la GWS ecuatorial de 1990⁽⁵⁾, mientras que otros, como la localización más baja de la cima de la niebla en la tormenta, son contradictorios.

Estamos sin duda ante un fenómeno que, a pesar de tener un origen similar a las tormentas previas, posee unas características que la hacen única.

Referencias

1. A. Sánchez Lavega, F. Colas, J. Lecacheux, P. Laques, I. Miyazaki, D. Parker *Nature* **353**, 397–401 (1991)
2. J.E. Hansen, L.D. Travis, *Space Science Reviews* **16**, 527–610 (1974).
3. S. Pérez-Hoyos, A. Sánchez-Lavega, R.G. French, J.F. Rojas, *Icarus* **176**, 155–174 (2005).
4. E. Karkoschka, M.G. Tomasko, *Icarus* **205**, 674–694 (2010).
5. J.R. Acarreta, A. Sánchez-Lavega *Icarus* **137**, 24–33 (1999).

Simulaciones de tormentas de gran escala en las atmósferas de Júpiter y Saturno

E. García-Melendo^{1,2}, J. Legarreta³, y A. Sánchez-Lavega⁴

e-mail: egarcia@foed.org

¹ Fundació Observatori Esteve Duran. Montseny 46, 08553 Seva.

² Institut de Ciències de l'Espai (CSIC-IEEC), Campus UAB, Facultat de Ciències, Torre C5, parell, 2a pl., E-08193 Bellaterra.

³ Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, E.U.I.T.I., Universidad País Vasco, Bilbao.

⁴ Departamento de Física Aplicada I, E.T.S. Ingenieros, Universidad del País Vasco, Alameda Urquijo s/n, 48013 Bilbao .

En este trabajo presentamos los resultados de las simulaciones numéricas de la perturbación creada por la tormenta convectiva Great White Spot⁽¹⁾ (GWS) de Saturno iniciada en diciembre de 2010, y de la perturbación, también de origen convectivo, aparecida en la Banda Ecuatorial Sur de Júpiter⁽²⁾ (SEBD) durante otoño de 2010. Ambas perturbaciones, de escala planetaria, se extendieron por la región situada a +41°N en el caso de la GWS en Saturno y entre -16°S y -20°S repartida en múltiples focos en la SEBD de Júpiter. Para las simulaciones empleamos el código EPIC⁽³⁾ (Explicit Planetary Isentropic-Coordinate Atmospheric Model), un modelo de circulación global que integra las ecuaciones de Navier-Stokes en un planeta en rápida rotación con simetría esférica. EPIC permite explorar el comportamiento dinámico de las atmósferas de Júpiter y Saturno bajo diferentes condiciones de cizalla vertical, vientos zonales, estructura térmica vertical, así como con diferentes modelos de perturbación^(4,5).

En el caso particular de la GWS y la SEBD, al introducir una perturbación de carácter continuo, las simulaciones numéricas son capaces de capturar las características dinámicas más importantes observadas de las perturbaciones, especialmente cuando los vientos son constantes o ligeramente crecientes hasta al menos el nivel de 10 bares. En la Figura 1 se muestran algunos de los resultados de las simulaciones para la SEBD de Júpiter, mientras que en la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos con EPIC para la GWS de Saturno.

Referencias

1. Sánchez-Lavega, A. et al. *Nature*, 353, 397 - 401 (1991).
2. Sánchez-Lavega, A., Gómez, J. M. *Icarus* 121, 1-17 (1996).
3. Dowling, T. E. *Icarus* 132, 221-238 (1998).
4. Legarreta, J., and Sánchez-Lavega, A. *Icarus* 196, 184-201, (2008).
5. García-Melendo, E. et al. *Icarus* 191, 665-677 (2007).

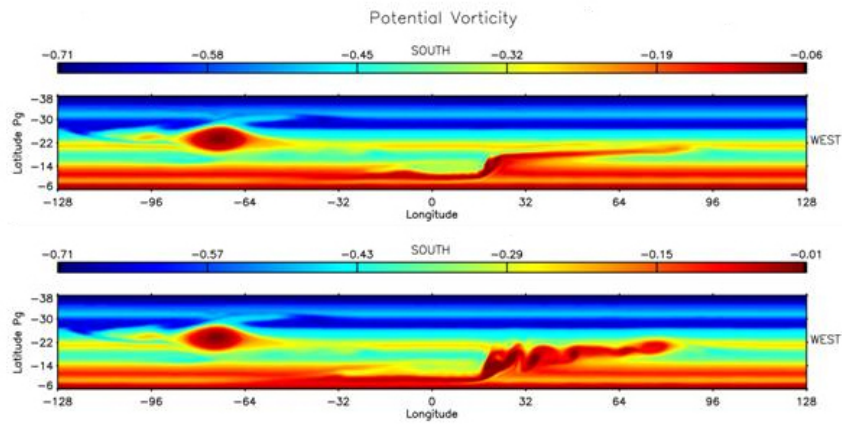


Figura 1. Campo de vorticidad potencial (VP), para dos simulaciones distintas de la SEBD de Júpiter, donde en la parte superior se muestra el efecto de dos focos inyectando energía a 16°S y 22°S para un tamaño elíptico de 0.6°x0.6° (imagen superior), y 0.6°x2.0° (dimensiones (E-W) y (N-S)). En la parte izquierda a longitudes negativas se observa la GRS. En estas figuras el sur se sitúa en la parte superior.

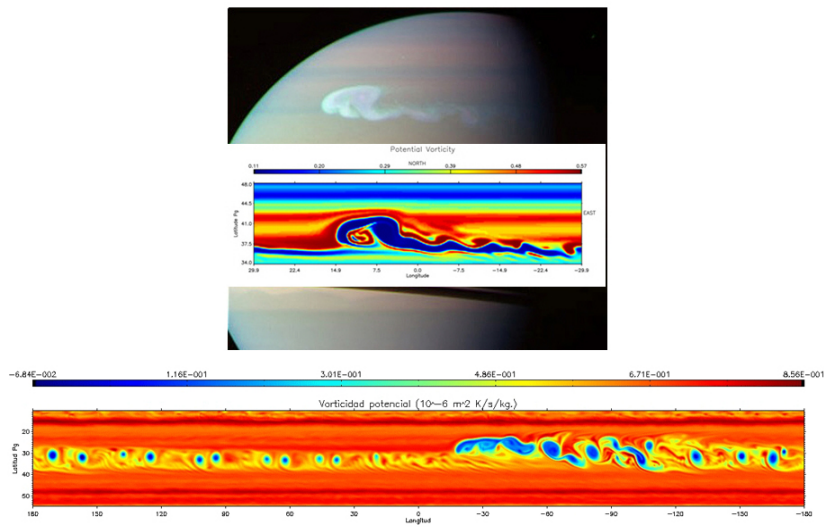


Figura 2. Campo de VP simulado por EPIC para la GWS de Saturno de 2010. En la parte superior se compara el inicio de la perturbación real con el resultado tras 12 días de simulación. En la parte inferior se observa el desarrollo de la perturbación simulada a alta resolución ($0.35^\circ \text{ píxel}^{-1}$) tras 50 días, cuando la perturbación ya se ha convertido en un fenómeno a escala planetaria que circunda toda la región situada a una latitud de $\sim 40^\circ \text{N}$

GEOLOGÍA PLANETARIA

Monte Carlo models of Venus resurfacing history

I. Romeo¹

e-mail: iromeobr@geo.ucm.es

¹Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid

The resurfacing evolution of Venus has been evaluated through Monte Carlo simulations where circular volcanic units and craters were generated randomly in space and time over a sphere. The interaction between cratering and volcanism is recorded by the models that were later tested comparing their results with the observed characteristics of volcanic units and crater populations on Venus. The sizes of volcanic flows in the models were generated using the frequency–size distribution of volcanic units measured on Venus⁽¹⁾. A non-homogeneous spatial generation of volcanic units was included in the models reproducing the Beta–Alta–Themis volcanic anomaly⁽²⁾. Crater modification is simulated using a 3D approach, the geometry of each unit in the model is a flat cone with an edge angle of 0.5 degrees. A crater is erased when the thickness of a postdating volcanic unit in the same location exceeds the rim height. If the thickness of the volcanic flow does not exceed the rim height, the crater is marked as modified, and the remnant of the rim height is stored as the new rim height. When the edge of a volcanic unit is in contact with the ejecta surface of a crater it is also marked as a modified crater. The final number of modified craters and randomness of the crater population were used to evaluate the success of the models, comparing the results from our simulations with Venus observations. The randomness of the crater population is evaluated using pair-correlation statistics.

The results indicate that the size of individual volcanic units on Venus is too large to be compatible with an equilibrium steady-state resurfacing of the planet, because the generation of these units produces holes in the crater distribution breaking the observed randomness of the crater population. However, the observed randomness of the crater population together with the number of modified craters can be achieved by a modified catastrophic evolution where a global resurfacing event took place 1 Gyr ago (if the average age is 750 Myr⁽³⁾).

The distribution of modified craters in the models is controlled by the presence of the BAT anomaly (Fig.1). Modified catastrophic resurfacing is in good agreement with the concentration of modified craters observed in the BAT anomaly area, while equilibrium resurfacing produces more modified craters out of the BAT anomaly area.

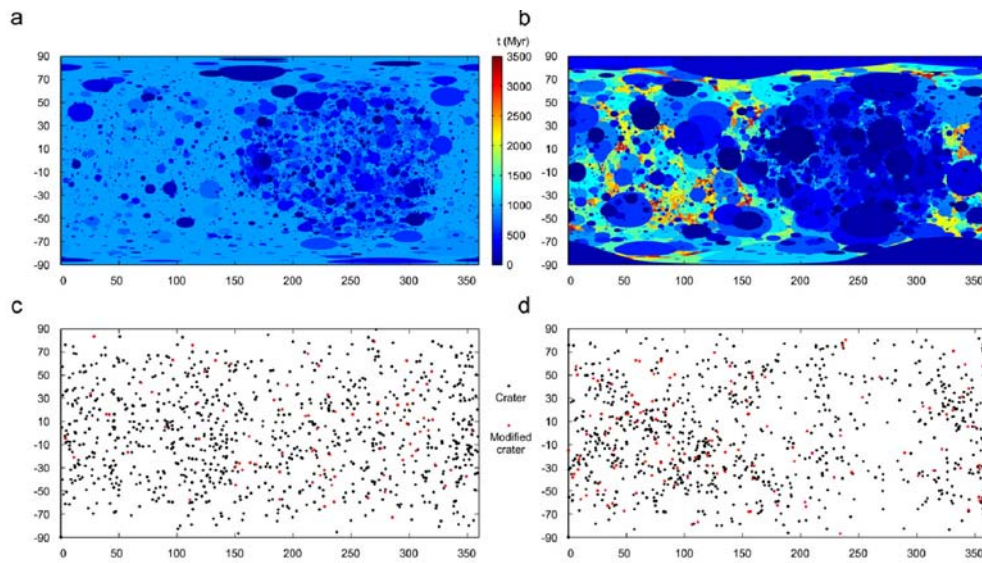


Figure 1. (a) Age map of the volcanic units for a typical modified catastrophic Monte Carlo simulation, (b) age map of the volcanic units for a typical equilibrium Monte Carlo simulation, (c) map showing the locations of craters for a typical modified catastrophic Monte Carlo simulation and (d) map showing the locations of craters for a typical equilibrium Monte Carlo simulation. The locations of modified craters are also indicated in red.

These Monte Carlo simulations are currently being improved including new observations of the Venus crater set that can be tested by our models: (1) the modified crater frequency-size distribution and (2) the frequency-distance to BAT anomaly distribution of craters and modified craters.

The preferred catastrophic evolution calls for a geodynamical explanation of the last global resurfacing event. The hypothesis of global episodic subduction events as a mechanism for cooling Venus⁽⁴⁾ provides a good geodynamical explanation for the global resurfacing event. It also explains why the large basal volcanic units were emplaced over a surface almost free of craters⁽⁵⁾ and can account for the tectonic evolution of the tessera terrains if those terrains were made up of differentiated crust that does not participate in the subduction events⁽⁶⁾. The recent catastrophic evolution of Venus indicates that the geodynamical mechanisms for cooling a planet can be very different than the steady-state resurfacing of plate tectonics on Earth.

References

1. I. Romeo, D.L. Turcotte. *Icarus* 203, 13–19 (2009).

2. L.S. Crumpler, et al. In: W. Bougher, et al. (Eds.) Venus II. University of Arizona Press, Tucson, pp. 697–756.(1997).
3. McKinnon, et al. 1997.In: W. Bougher, et al. (Eds.) Venus II. University of Arizona Press, Tucson, pp. 969–1014.(1997).
4. D.L.Turcotte, et al. Icarus 139, 49–54 (1999).
5. G.C. Collins, et al. Journal of Geophysical Research 104 (E10), 24121–24139 (1999).
6. I. Romeo, D.L. Turcotte. Earth and Planetary Science Letters 276, 85–97 (2008).

La evolución térmica de la litosfera de Marte

Javier Ruiz¹, Valle López^{2,3}, Alberto Jiménez-Díaz¹, Rosa Tejero^{1,3} y Carlos Fernández⁴

e-mail: jaruiz@geo.ucm.es

¹ Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain

² Instituto de Geología Económica, CSIC-UCM, 28040 Madrid, Spain

³ Instituto de Geociencias, CSIC-UCM, 28040 Madrid, Spain

⁴ Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva, Campus de El Carmen, 21071 Huelva, Spain

El uso de indicadores geológicos y geofísicos de resistencia de la litosfera (como son el espesor elástico de la litosfera, o la profundidad de grandes fallas) puede usarse para calcular el flujo térmico disipado por un planeta en la época en que se formaron las estructuras usadas como indicador. De esta forma, se puede obtener información muy valiosa sobre las condiciones locales de la litosfera en determinadas regiones y épocas concretas de dicho planeta. Además, el estudio conjunto de regiones de diferente naturaleza geológica y edad de formación permite ayudar a perfilar la historia geológica de un cuerpo planetario.

En trabajos recientes sobre Marte hemos encontrado evidencias favoreciendo un manto litosférico relativamente débil, una corteza diferenciada con acumulación de elementos incompatibles en su parte superior, una contribución sustancial de hematites al magnetismo cortical y una disipación heterogénea de calor interno de este planeta ^(1,2,3,4).

Aquí presentamos estimaciones refinadas de flujo térmico superficial para 22 regiones de Marte de diferente contexto geológico y épocas de formación, 19 de ellas realizadas a partir del espesor elástico de la litosfera y 3 a partir de la profundidad de grandes fallas inversas. En los cálculos usamos abundancias de elementos radioactivos derivados del Mars Oyssey GRS y valores realistas de la conductividad térmica de la corteza y el manto litosférico, y tenemos en cuenta las contribuciones de corteza y manto a la resistencia total de la litosfera. Los valores obtenidos (Figura 1) indican en general valores de flujo térmico inferiores a la producción total de calor radioactivo en un momento dado, lo que sugiere una importancia limitada del enfriamiento secular del interior del planeta durante la mayoría de su historia.

Estos resultados son contrarios a las predicciones de la mayoría de modelos de historia térmica de Marte, pero serían consistentes con las evidencias a favor de un núcleo fundido en la actualidad, y de una limitada contracción global del planeta.

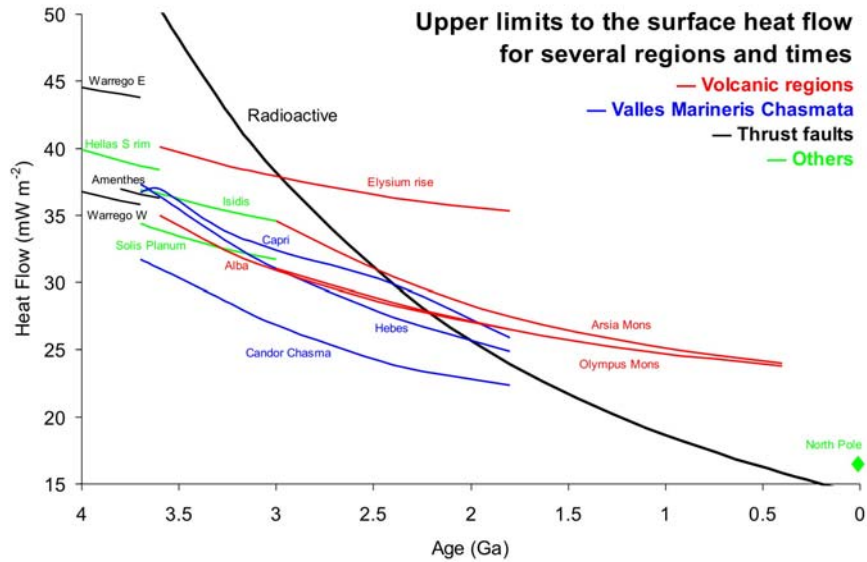


Figura 1. Limite superior obtenido para el flujo térmico superficial de diversas regiones de Marte, en función de la edad y el tipo geológico de región.

Referencias

1. J. Ruiz, C. Fernández, D. Gomez-Ortiz, J.M. Dohm, V. López, R. Tejero EPSL 270, 1-12., (2008).
2. J. Ruiz, J.P. Williams, J.M. Dohm, C. Fernández, V. López Icarus 203, 47-57, (2009).
3. J. Ruiz Icarus 203, 454-459, (2009).
4. J. Ruiz, V. López, J.M. Dohm Icarus 207, 631-637, (2010).

Discusión sobre los minerales magnéticos constituyentes de la corteza de Marte. Posibles microestructuras.

M. Díaz-Michelena¹

e-mail: diazma@inta.es

¹ Departamento de Programas Espaciales y Ciencias del Espacio, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

La misión Mars Global Surveyor (MGS) hizo un excelente trabajo de medida del campo magnético en Marte. Gracias a esta misión se sabe que Marte carece de campo magnético bipolar pero que la corteza presenta zonas de fuerte imanación, que sólo pueden atribuirse a minerales con alta concentración de magnetita, monodominio y con la imanación anclada.

Siete años más tarde, la misión MetNet pretende situar una red de aterrizadores en la superficie de Marte. En el primero de ellos (previsto para 2014), el INTA ha desarrollado entre otras “cargas de pago” un gradiómetro con el objetivo de caracterizar las propiedades magnéticas del suelo marciano.

En el marco de este proyecto se desarrolla una discusión sobre posibles minerales magnéticos en la corteza de Marte. Se presentarán resultados preliminares del estudio de las curvas termomagnéticas de distintas composiciones a lo largo de la solución sólida de titanomagnetitas: $x(\text{Fe}_2\text{TiO}_4) - (1-x)(\text{Fe}_3\text{O}_4)$ con $0,30 < x < 1,00$.

El primer objetivo es la caracterización exhaustiva de las curvas de imanación remanente con la temperatura para el rango de temperaturas esperable en la misión a Marte MetNet: desde 143 K hasta 293 K. Esta misión lleva embarcado un gradiómetro miniaturizado con el que se realizarán medidas del suelo en el planeta rojo. Las medidas hechas en tierra servirán para la posterior modelización del suelo marciano.

El objetivo último es encontrar un mecanismo natural de subdivisión dentro de la solución sólida capaz de dar lugar a un mineral rico en magnetita, monodominio y con la imanación anclada, que pueda servir como explicación a la gran intensidad de las anomalías magnéticas en la corteza de Marte.

COLISIONES EN EL SISTEMA SOLAR

Una hipótesis colisional para el “outburst” del asteroide 596 Scheila en Noviembre de 2010

F. Moreno¹, J.L. Ortiz¹, J. Licandro², N. Morales¹, L.M. Lara¹, Z.Y. Lin¹, y A. Molina^{1,3}

e-mail: fernando@iaa.es

¹ Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Glorieta de la Astronomía s/n, 18008 Granada

² Instituto de Astrofísica de Canarias, c/ Vía Láctea s/n, 38200 La Laguna, Tenerife, y Dpto. de Astrofísica, Univ. de La Laguna, 38205 La Laguna, Tenerife

³ Dpto. de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Univ. de Granada, c/Fuentenueva s/n, 18071 Granada

El 11 de Diciembre de 2010, Larson¹ detectó un “outburst” en el asteroide 596 Scheila, cuyas imágenes mostraban una apariencia cometaria. Este objeto, miembro del Cinturón Principal de Asteroides, posee un diámetro de más de 100 km, y pertenece a la clase de asteroides de tipo D, es decir, objetos con albedo geométrico muy bajo, color moderadamente rojo, y espectro esencialmente plano. Desde el día posterior a la observación del evento, hasta el 25 de Enero de 2011 obtuvimos una serie de imágenes del objeto con diversos telescopios (IAC80, CAHA 1.23 m, WHT, y 1.5 m del OSN), además de usar datos del New Mexico Skies Observatory por gentileza de Joseph Brinacombe⁽¹⁾. Las imágenes usadas se muestran en la figura 1, junto con los resultados proporcionados por nuestro modelo. El modelo está basado en una hipótesis colisional, y parte de la resolución numérica, por un método Runge-Kutta de 4^º orden, de la ecuación de movimiento de las partículas expelidas del asteroide como resultado de la colisión. Esta integración numérica se repite para un elevado número de partículas, del orden de 10^5 , cuya posición se proyecta en el plano del cielo, y, juntando la contribución de todas ellas se elabora un mapa de brillo superficial que se compara con las imágenes observadas. El modelo, naturalmente, tiene asociado un gran número de parámetros, por lo que la solución que proponemos es una de las posibles, pero seguramente no la única. Suponemos que las partículas emitidas tienen una ancha distribución de partículas, en el dominio comprendido entre las submicrométricas y las centimétricas, distribuidas según una ley de potencias. La emisión de partículas se produce en un instante determinado, que tras una larga experimentación, encontramos que debe haber sido alrededor del 27 de Noviembre de 2010. También encontramos que el cono de emisión está localizado en latitud -10° , presentando una asimetría en la eyección a lo largo del eje perpendicular al plano orbital, lo cual podría indicar un impacto oblicuo, habiendo estado el objeto impactante en una órbita fuertemente excitada, de alta inclinación, como las que adquieren los asteroides un tiempo después de haber entrado en una de las zonas de resonancia o vacíos de Kirkwood.

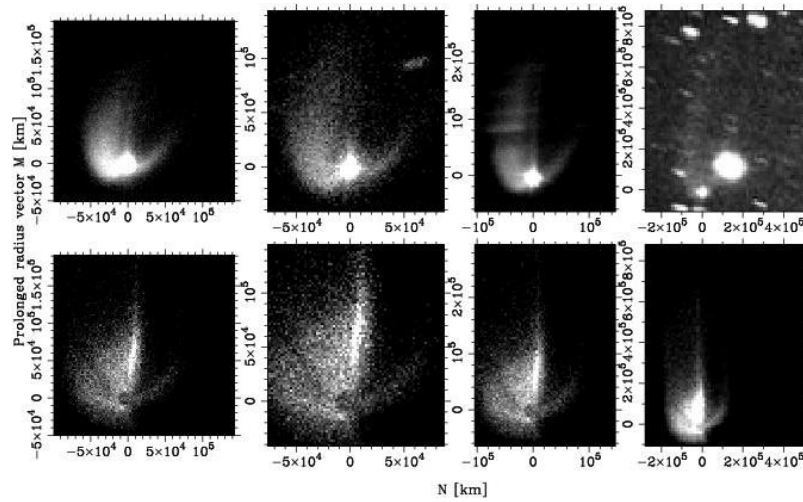


Figura 1. Imágenes del asteroide 596 Scheila en “outburst” en el plano (N,M). Las cuatro imágenes superiores corresponden a las observaciones, y las inferiores al modelo, para los días 12 y 13 (IAC-80), 17 (1.23 m CAHA) y 29 (New Mexico Skies Observatory, cortesía de J. Brimacombe) de Diciembre 2010.

Uno de los aspectos más importantes del modelo es que predice unas velocidades de eyección de partículas entre 50 y 90 m/s, lo cual es completamente distinto al escenario que encontramos para el “outburst” del asteroide-cometa P/2010 A2, para el que las velocidades resultaron ser de dos órdenes de magnitud menores, y para el que propusimos un mecanismo probable de actividad sostenida, a partir quizás de sublimación de hielos⁽³⁾, que también podría ser fisión rotacional como la causa del mismo, en contradicción con los modelos puramente colisionales y emisión puntual propuestos por Jewitt y col.⁽⁴⁾ y Snodgrass y col.⁽⁵⁾. Con nuestro modelo, que reproduce las variaciones morfológicas y de brillo estimamos una cantidad de masa eyectada que, haciendo uso de las leyes de escalado propuestas por Housen y col.⁽⁶⁾, con una velocidad de impacto del orden de la media en el Cinturón Principal de Asteroides (5 km/s), se traduce en un tamaño del objeto impactante de entre 30 m y 90 m en radio. Estos valores están calculados con la hipótesis de que tanto el asteroide Scheila como su objeto impactante tienen la misma densidad (1500 kg/m³), del orden de las estimadas para los satélites de Marte Phobos y Deimos.

Agradecimientos

Agradecemos a Joseph Brimacombe y New Mexico Skies Observatory por cedernos gentilmente una imagen del asteroide 596 Scheila del 29 de Diciembre de 2010. Este trabajo está subvencionado por los programas FQM-4555, AYA2009-08190, y AYA2009-08011.

Referencias

1. <http://www.flickr.com/photos/43846774@N02/5303039075/>
2. Larson, S.M. IAU Circ. 9188, 1
3. Moreno, F. Licandro, J. Tozzi, G.-P. et al. *ApJL*, 718, 132-135 (2010).
4. Jewitt, D., Weaver, H., Agarwal, J. et al. *Nature*, 467, 817-819 (2010).
5. Snodgrass, C., Tubiana, C., Vincent, J.-B., et al. *Nature*, 467, 814-816 (2010).
6. Housen, K.R., Schmidt, R.M., y Holsapple, K.A. *J. Geophys. Res.* 88, 2485-2499 (1983).

Study of dust in solar and extra-solar planetary systems

Amaya Moro-Martín¹

e-mail: amaya@cab.inta-csic.es

¹Centro de Astrobiología (INTA-CSIC), crta. a Ajalvir km 4, 28850 Torrejón de Ardoz (Madrid)

In this contribution, I will give an overview of the research projects in which I am participating that are focused on the study of dust in the Solar System and in other planetary systems.

Regarding former, I will talk about ZEBRA (Zodiacal dust, Extragalactic Background and Reionization Apparatus, I.P. Jamie Bock), a proposed piggy-bag instrument for a NASA mission to the moons of Saturn. If approved, ZEBRA will be able to study the structure and composition of asteroidal, cometary and Kuiper Belt dust, from a few AU to 20 AU (<http://zebra.caltech.edu/>). Regarding the study of dust in other planetary systems, I will talk about the on-going DEBRIS survey with Herschel (a continuation of the debris disk surveys carried out by Spitzer), and on how it can help us place our Solar System into context.

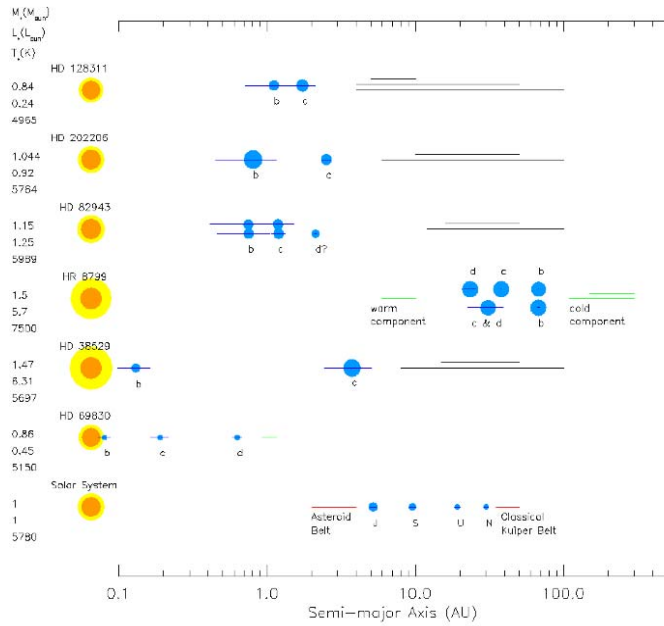


Figure 1. On how the study of dust around other planetary systems can help us place our Solar System into context. This is a schematic representation of the seven planetary systems known to harbor multiple planets and dust-producing planetesimals. The stars are represented by the orange/yellow circles, with the stellar mass, luminosity, and effective temperature labeled to the left. The size of the orange circle is proportional to the cube root of the stellar mass, while the size of the yellow circle is proportional to the stellar luminosity. The planets are represented by blue symbols with sizes proportional to the cube root of the planet mass. The thin blue lines extend from periastron to apoastron. The inferred location of the dust-producing planetesimals are represented by the black and the green lines. Each line corresponds to a possible solution of a single-component disk, showing the degeneracy of the problem. The black lines correspond to solutions that assume that the dust is composed of $10\mu\text{m}$ -sized grains, while the green lines correspond to models that assume a grain size distribution; the asteroid and Kuiper belts are shown in red, the only two planetesimal belts that have been directly detected. ⁽¹⁾

Referencias

1. Moro-Martín et al., ApJ, 717, 1123-1139, (2010)

Comparando los efectos de impactos sobre cuerpos homogéneos y reacumulados.

Paula G. Benavidez,^{2,3,,} Daniel D. Durda³, Brian L. Enke³, William F. Bottke Jr.³, David Nesvorn³, Derek C. Richardson⁴, Erik Asphaug⁵,
William J. Merline³

e-mail: paula.benavidez@ua.es

¹Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante. P.O. Box 99, 03080 Alicante (Spain)

²Instituto Universitario de Física Aplicada a las Ciencias y la Tecnología.

³Southwest Research Institute, 1050 Walnut Street Suite 400, Boulder, CO 80302, USA

⁴University of Maryland, College Park MD 20742

⁵University of California Santa Cruz, Santa Cruz CA 95064

Las colisiones son el proceso fundamental que interviene tanto en la creación de familias de asteroides como en la formación de satélites. Por ésta razón es importante conocer las características del sistema formado después de que un cuerpo sufra una colisión, ya que esto permite modelar de manera precisa la formación y evolución de tales sistemas. Actualmente, los códigos hidrodinámicos (llamados SPH por la abreviación de Smoothed-Particle Hydrodynamics) combinados con simulaciones de N-cuerpos se han convertido en las técnicas más adecuadas para estudiar los resultados de impactos a gran escala, incluyendo la fragmentación del cuerpo progenitor y las interacciones gravitacionales entre los fragmentos creados. Es posible aplicar estas técnicas numéricas a cuerpos con diferentes estructuras internas, como por ejemplo cuerpos reacumulados y homogéneos. En particular, en este trabajo se presenta la comparación sistemática de los resultados de la colisión de estos dos tipos de cuerpos extendiendo investigaciones previas realizadas con cuerpos de estructura interna homogénea^(1,2). Los objetivos de este trabajo consisten en estudiar la formación de satélites de asteroides, y la morfología de la distribución de tamaños de los fragmentos producida por estos dos tipos de cuerpos. Ambos objetivos se llevan a cabo mediante el análisis de un conjunto de simulaciones que contemplan diferentes condiciones de impacto. Dichas condiciones comprenden un rango de velocidades, ángulos y tamaños del proyectil.

Las características observadas en la distribución de tamaños de los fragmentos permitirían diagnosticar las condiciones iniciales del impacto y la estructura interna del cuerpo progenitor en el caso de colisiones poco energéticas. Por el contrario, en el caso de colisiones que involucren altas energías de impacto y sean por lo tanto eventos catastróficos, la distribución de tamaño de los fragmentos no

permite identificar de forma inequívoca el tipo de cuerpo progenitor, ya que las distribuciones de tamaños de los fragmentos creados resultan muy similares para ambos tipos de cuerpos estudiados.

Por otro lado, los resultados de las simulaciones permiten afirmar que la producción de satélites es menos eficiente para cuerpos progenitores reacumulados, comparado con progenitores homogéneos. Sin embargo, ciertas características, como la relación del tamaño secundario-primario y la separación relativa de las componentes en los sistemas binarios formados, son similares para ambas estructuras internas del cuerpo progenitor.

Referencias

1. Durda et al. *Icarus* 170, 243-257 (2004).
2. Durda et al. *Icarus* 186, 498-516 (2007).

Transient Luminous Events: optical emissions from high altitudes to probe the upper atmosphere of the Earth and other planets.

A. Luque¹, F.J. Gordillo-Vázquez¹

e-mail: aluque@iaa.es

¹ Instituto de Astrofísica de Andalucía, IAA-CSIC, PO Box 3004, 18080, Granada, Spain

Transient Luminous Events are short but intense optical emissions from the upper terrestrial atmosphere, driven by the electric fields generated by a tropospheric electric storm. They were first observed in 1989 ⁽¹⁾ but they had been predicted by C.T.R. Wilson already in 1925 ⁽²⁾. Wilson argued (see Fig. 1) that the electric field needed to initiate a discharge (the breakdown field) is proportional to the atmospheric density and therefore decreases exponentially with altitude; meanwhile the electric field created by a charged cloud is roughly dipolar and decays slower. Therefore there exists an altitude where the cloud field surpasses the breakdown field and an electric discharge is initiated.

This reasoning is not limited to the Earth: other planets with atmospheric electricity are also expected to exhibit Transient Luminous Events ⁽³⁾. The Lightning and Airglow Camera (LAC) instrument onboard the Japanese Planet-C mission to Venus was designed to detect lightning and, eventually, TLEs in the Venusian atmosphere. Unfortunately the mission failed in their insertion into orbit in December 2010.

The combination of modeling and observations of TLEs allows us to quantify their influence in the global atmospheric chemistry and the global electric circuit that connects the surface of the Earth with the ionosphere. But, equally importantly, TLEs serve as natural probes to remotely investigate the atmosphere that surrounds them. Were TLEs to be discovered in other planets, they would uncover valuable information about both the upper layers of their atmospheres and the dynamics and electric activity of the lower layers.

Sprite beads provide an example of a possible use of TLEs to remotely probe the Earth's mesosphere. Sprites are filamentary discharges, some tens of kilometers wide, appearing at altitudes from about 50 to about 85 km. Sometimes, in the wake of a sprite, luminous spots (beads) persist much longer than the main emissions. These sprite beads reveal underlying inhomogeneities in the atmospheric conductivity ⁽⁴⁾ whose precise origin is still uncertain.

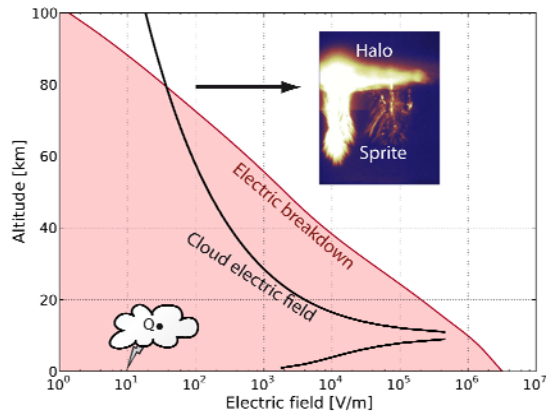


Figure 1. Mechanism of inception of high-altitude electric discharges. The charge in a thundercloud and its image below the conducting Earth's surface create a dipolar field that at some altitude crosses over the exponentially decreasing breakdown field. Here we use a charge of 50 C in a cloud at 10 km; these parameters are typical for an intense positive cloud-to-ground (+CG) discharge.

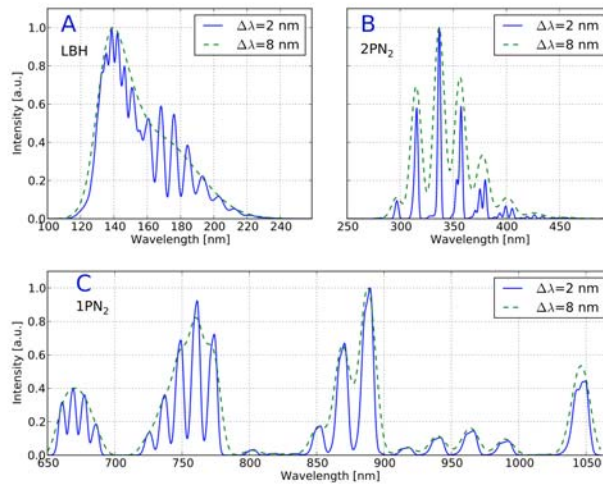


Figure 2. Spectra of terrestrial TLEs (halos) from the Lyman-Birge-Hopfield (A), second positive (B) and first positive (C) bands of molecular nitrogen at different spectral resolutions.

Another path to investigate the mesosphere through TLE observations is to compare observed spectra with kinetic models ⁽⁵⁾ combined with electrodynamic simulations ⁽⁶⁾. For that purpose, we have modeled emissions from terrestrial TLEs: Figure 2 shows the expected emissions in the ultraviolet (Lyman-Birge-Hopfield band of molecular nitrogen), in the visible blue (second positive system) and in the red and near infrared (first positive system).

References

1. Franz, R.C. et al. *Science* 249, 48 (1990).
2. Wilson, C. T. R., *Proc. Phys. Soc. Lond.* 37, 32D (1925).
3. Yair, Y. et al. *J. Geophys. Res.* 114, E09002 (2009)
4. A. Luque, F. J. Gordillo-Vázquez, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L04808 (2011)
5. F. J. Gordillo-Vázquez, A. Luque, submitted to *J. Geophys. Res.*
6. A. Luque, U. Ebert *Nat. Geosci.*, 2, 757-760 (2009)

Deteción de impactos de meteoroides en la superficie de la Luna

J.M. Madiedo¹, J.L. Ortiz² y N. Morales²

e-mail: madiedo@uhu.es

¹Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva, 21071, Huelva

² Instituto de Astrofísica de Andalucía, CSIC, Apt. 3004, Camino Bajo de Huetor 50, 18080 Granada.

Una de las técnicas que permiten estimar el flujo de materia interplanetaria que llega a nuestro planeta se basa en monitorizar la región nocturna de la Luna que vemos desde la Tierra con el fin de detectar destellos producidos por el impacto de meteoroides contra la superficie lunar. Los primeros intentos para llevar a cabo la detección de estos impactos utilizando pequeños telescopios y cámaras CCD de vídeo de alta sensibilidad se remontan al año 1999 ⁽¹⁾. La aplicación de este método ha permitido llevar a cabo la identificación de impactos durante el período de máxima actividad de varios enjambres de meteoroides, así como la detección de impactos de origen esporádico ^(2,3,4,5,6). Los resultados indican que la tasa de impactos en nuestro planeta obtenida mediante esta técnica es superior (hasta en un factor 3) a la obtenida mediante la monitorización de bólidos en la atmósfera terrestre.

El Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC) y la Universidad de Huelva están llevando a cabo un proyecto conjunto con el fin de monitorizar la región no iluminada de la Luna con el fin de identificar destellos producidos por el impacto de meteoroides. Las observaciones pueden llevarse a cabo cuando la fracción iluminada del disco lunar varía aproximadamente entre el 10 y el 60%, durante las fases creciente y menguante. En la actualidad esta monitorización se realiza desde Sevilla utilizando dos telescopios SC de 11 pulgadas de diámetro y otro de 9.25 pulgadas. Éstos llevan acopladas cámaras de vídeo CCD monocromas de alta sensibilidad. Durante 2011 se tiene previsto llevar a cabo una ampliación de nuestra red de detección, con la implantación de otro sistema que operará dos telescopios en paralelo desde el Observatorio Astronómico de La Hita, en la provincia de Toledo.

Por lo general, los destellos producidos por estos impactos son muy tenues y sólo abarcan entre uno y cinco cuadros de vídeo, por lo que su identificación debe hacerse mediante un software específico. Por este motivo se ha desarrollado el software MIDAS (Moon Impacts Detection and Analysis Software), que identifica estos destellos y genera para cada uno de los telescopios del sistema una base de datos de posibles candidatos a impactos. La comparación de estas bases de datos



Figura 1. Imagen de un destello registrado sobre la superficie lunar el 9 de abril de 2011, a las 20h52m44.658±0.001s UT.

permite establecer si un determinado destello ha sido producido por el impacto de un meteoróide o si, por el contrario, se trata de un evento originado por algún otro fenómeno (electrónica de la cámara, rayos cósmicos, etc.). La Figura 1 muestra un destello registrado el 9 de abril de 2011 a las 20h52m44.658±0.001 s UT.

Por otra parte, recientemente se han podido contemplar tanto destellos producidos por la colisión de objetos contra Júpiter como nubes oscuras de impactos ^(7, 8). Los datos indican que el flujo de impactos en Júpiter es también muy superior al esperado. Por este motivo, hemos iniciado un estudio encaminado a la detección de estos impactos, por lo que nuestro software ha sido adaptado también para poder detectar también impactos en este planeta. Así, durante 2010 hemos llevado a cabo campañas de monitorización de Júpiter utilizando el telescopio de 1.2 m de CAHA.

Referencias

1. J.L. Ortiz,, F.J Aceituno, J., Aceituno. *Astron. Astrophys.* 343, L57–L60 (1999)
2. D.W. Dunham et al. Lunar Leonid meteors. IAUC 7320 (1999)
3. J.L. Ortiz et al. *Nature* 405, 921–923 (2000)
4. J.L. Ortiz et al. *Astrophys. J.* 576, 567–573 (2002)
5. M. Yanagisawa y N. Kisaichi. *Icarus* 159, 31–38 (2002)
6. W.J. Cooke et al. Moon. *Lunar Planet. Sci.* 37. Abstract 1731 (2006)
7. Sanchez-Lavega et al. *ApJ*, In Press (2010)
8. Perez-Hoyos et al. *ApJ*, In Press (2010)

ASTEROIDES, TNOS Y COMETAS

TNOs are Cool: un estudio de la región transneptuniana con el telescopio espacial Herschel

P. Santos-Sanz¹, Th.G. Müller²(PI), E. Lellouch¹(Co-PI), H. Bönhardt³(Co-PI), J. Stansberry⁴(NASA-PI), J.L. Ortiz⁵, A. Thirouin⁵, y R. Duffard⁵.

e-mail: pablo.santos@obspm.fr

¹ Observatoire de Paris (LESIA-CNRS), France

² MPE, Garching, Germany

³ MPS, Katlenburg-Lindau, Germany

⁴ University of Maryland, USA

⁵ IAA-CSIC, Granada, Spain

“TNOs are Cool” ⁽¹⁾ es un programa de observación de objetos transneptunianos (TNOs) y centauros con el telescopio espacial Herschel. Este proyecto pertenece a los llamados “programas clave de tiempo abierto” con este telescopio y tiene garantizadas casi 400 horas de observación. Al final del proyecto se habrán observado 130 objetos representativos de las diferentes clases dinámicas (objetos clásicos, objetos resonantes, objetos del disco dispersado, objetos desacoplados, y también Centauros), incluyendo entre ellos 25 objetos binarios.

El detector PACS⁽²⁾ a bordo del telescopio espacial Herschel puede observar longitudes de onda comprendidas entre los 55 y los 210 μm , lo que lo hace óptimo para observar TNOs, cuyo máximo flujo térmico está precisamente comprendido en ese rango de longitudes de onda ya que sus temperaturas varían entre los 20 y 50 K. PACS se está usando en su modo fotométrico para observar estos objetos, y para algunos de ellos también se está usando SPIRE⁽³⁾. Estas observaciones nos permiten obtener los flujos térmicos para estos objetos para 70, 100, y 160 μm con PACS, y para 250, 350 y 500 μm con SPIRE. A partir de estos flujos térmicos es posible obtener, mediante un ajuste a un modelo térmico⁽⁴⁾, el diámetro radiométrico y los albedos de todos estos objetos. Para ajustar con modelos térmicos se usan también los datos de Spitzer (detector MIPS a 24 y 71 μm) para aquellos objetos que hayan sido observados con este telescopio.

Los principales objetivos de este programa de observación son:

- (i) determinar tamaños y albedos de TNOs y Centauros.
- (ii) medir la densidad de aquellos objetos que sean binarios.
- (iii) constreñir las propiedades superficiales de estos objetos.
- (iv) determinar las curvas de luz térmicas de 6 objetos observados durante períodos de rotación completos

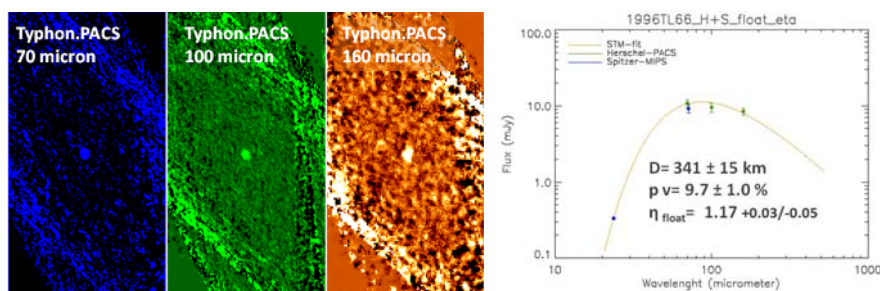


Figura 1. Izquierda: Imágenes del objeto del disco dispersado Typhon (en el centro de la imagen) obtenidas con el detector PACS de Herschel a 70, 100 y 160 μm . Derecha: ajuste con un modelo térmico de los flujos obtenidos para el TNO 1996TL66 con Herschel-PACS y Spitzer-MIPS. Se indican el diámetro y albedo derivados del ajuste.

- (v) estudiar las posibles correlaciones entre tamaños, albedos, colores, composición y parámetros orbitales (como diagnóstico de procesos evolutivos).

A finales de abril de 2011 se han observado 110 TNOs/Centauros con Herschel, con lo que se ha completado ya un 85% del programa de observación. El porcentaje de objetos detectados en las 3 bandas de PACS es del orden del 80%. Se presentarán en esta comunicación los resultados más relevantes obtenidos hasta la fecha, como los derivados de las curvas de luz térmicas de Haumea⁽⁵⁾, Varuna, 2003VS2, 2003AZ84, y algún resultado destacado para TNOs prominentes como: Plutón, Eris, Quaoar, Makemake⁽⁶⁾, Sedna, etc. También se presentará un avance de varios trabajos en preparación centrados en el estudio de algunos subgrupos dinámicos de TNOs: objetos clásicos, del disco dispersado, y plutinos.

Durante los meses que quedan de proyecto se completará la observación de los 20 objetos restantes de nuestra muestra. Para entonces ya tendremos información de los 25 objetos binarios, así como todas las curvas térmicas de TNOs/Centauros. En ese momento se podrá llevar a cabo un análisis estadístico más profundo, con la mayor muestra de albedos y diámetros para estos objetos que hayamos tenido nunca disponible. Al final del proyecto todos los resultados serán accesibles a la comunidad científica mediante una base de datos pública.

Referencias

1. Müller, T. G. and the "TNOs are Cool"-Team, EM&P, 105, (2009).
2. Poglitsch, A. et al. A&A Vol.518, L2, (2010)
3. Griffin et al. A&A Vol.518, L3, (2010)
4. Harris, A. W., Icarus, Vol. 131, pp. 291-301, (1998).
5. Lellouch et al. A&A Vol. 518, L147, (2010).
6. Lim et al. A&A Vol. 518, L148, (2010).

Outer Main-Belt asteroids: first analyses of the Wide-field Survey Explorer Preliminary Release

V. Alí-Lagoa¹, J. Licandro^{1,2}, H. Campins, M. Kelley, M. Delbò, Y.
Fernández, K. Hargorve, and J. Zieffer

e-mail: vali@iac.es

¹ Instituto de Astrofísica de Canarias, 38205, La Laguna (Tenerife)

² Departamento de Astrofísica, Universidad de La Laguna, 38201, La Laguna (Tenerife)

³ University of Central Florida, PO Box 162385, Orlando, Florida 32816-2385, USA

⁴ University of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA

⁵ Laboratoire Cassiopée, Observatoire de la Côte d'Azur, BP 4229, 06304 Nice cedex 4, France

⁶ University of Southern Maine, Department of Physics, Portland, Maine 04104, USA

Nasa's Wide-field Survey Explorer (WISE) is a space telescope that mapped the sky several times in four bands at 3.4, 4.6, 12 and 22 μ m during its 2010 mission. Published on 14 April 2011, the WISE Preliminary Release⁽¹⁾ covers approximately 57% of the sky and provides with data of more than 250 million objects (several thousands of which are asteroids) that were processed with initial calibration and reduction algorithms. Future releases will include the rest of the sky.

Our aim is to carry out an analysis of key physical parameters (size, albedo and thermal properties), of those outer main-belt asteroids featured in the survey. Objects in the outer edge of the asteroid belt (defined as having semi-major axes “ a ” > 3.3 AU) fall into three main groups: Cybele, Hilda and Jupiter Trojan (henceforth Trojans) asteroids. Our research will concentrate on the Cybele (3.3 AU $< a < 3.7$ AU) and Hilda (in the 3:2 resonance with Jupiter at ~ 4.0 AU) groups. This research is part of an extensive study that includes also visible, near-infrared and mid-infrared spectroscopy.

Outer belt asteroids are believed to have experienced less heating than most of the other asteroids and probably have a more primitive composition; however, their origin is currently under debate. Systematic studies of Cybele and Hilda asteroids would allow us to characterize or constrain their composition and physical properties and may provide with strong tests of dynamical and collisional models that relate outer belt asteroids with the Transneptunian Belt. Levison et al. (2009)⁽²⁾ suggest that all D-type asteroids (according to the Tholen taxonomy; Tholen and Barucci, 1989⁽⁴⁾) interior to Jupiter's orbit are captured transneptunian objects (TNOs), moved to this region during the “late heavy bombardment” (LHB). There is well-founded support to the idea that Trojans and TNOs share a common origin^(5,6,7), so it is reasonable to consider that if Cybeles and Hildas are largely populated by captured TNOs, they should present similar surface properties to

each other and also to those of Trojans and Jupiter family comets, the latter widely accepted to be dynamically evolved TNOs.

Method: For each eligible object, we generate Near Earth Asteroid Thermal Model (NEATM)⁽⁶⁾ fits to the measured flux vs. wavelength data pairs in order to infer estimated values of diameters and albedos, thus gaining relevant insight into their size distribution and compositions (flux values are obtained from the WISE Source Catalog accessed via the on-line services of the NASA/IPAC Infrared Science Archive).

In this talk we will present the program and preliminary results using data from the WISE Preliminary Release.

Referencias

1. <http://wise2.ipac.caltech.edu/docs/release/prelim/index.html>
2. Levison, Harold F.; Bottke, William F.; Gounelle, Matthieu; Morbidelli, Alessandro; Nesvorn, David; Tsiganis, Kleomenis, M. *Nature*, 460, 364 (2009).
3. Bottke, W. F., Levison, H. F., Morbidelli, A., & Tsiganis, K.. *Lunar and Planetary Institute Conference Abstracts*. 39, 1447, (2008).
4. Tholen, D. J., & Barucci, M. A. Tucson: University of Arizona Press 298,(1989).
5. Jewitt, D. *Asteroids, Comets, and Meteors: ACM 2002*, 500, 11, (2002).
6. Campins, H., Ziffer, J., Licandro, J., Pinilla-Alonso, N., Fernandez, Y., de León, J., Mothé Diniz, T., and Binzel, R *Astronomical Journal*. 132, 1346, (2006).
7. Licandro, J., Alvarez-Candal, A., de León, J., Pinilla-Alonso, N., Lazzaro, D., & Campins, H. *AAP*. 487, 1195, (2008).
8. Delbó, M. and Harris, A. W. *Meteoritic and Planetary Science* vol. 37 pp. 1929, (2002).

Propiedades físicas de los objetos Trans-Neptunianos (TNOs) mediante el estudio de su rotación.

J.L. Ortiz¹, A. Thirouin¹, R. Duffard¹, P. Santos-Sanz², N. Morales¹ y A.
Campo-Bagatín^{3,4}

e-mail: ortiz@iaa.es

¹ Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC, Aptd 3004, 18080 Granada

² Observatoire de Paris, LESIA, Meudon, Francia

³ Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. Universidad de Alicante.

⁴ Instituto de Física Aplicada a las Ciencias y la Tecnología, Universidad de Alicante.

En el Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC) venimos estudiando, a lo largo de una década, series temporales de datos fotométricos de TNOs, obtenidas mediante observaciones CCD realizadas en diferentes telescopios, principalmente el 1.5m del Observatorio de Sierra Nevada y el 2.2m del Observatorio de Calar Alto (1,3,4,5,6,7). El análisis de las imágenes se realiza por medio de software específicamente desarrollado para esa tarea, con optimizaciones variadas que permiten una rápida obtención de la fotometría de apertura sintética. La fotometría de series temporales nos permite determinar, fundamentalmente, periodos de rotación y amplitudes de variabilidad de los TNOs. Otros subproductos de este estudio son la determinación de magnitudes absolutas y de las funciones de fase, lo que nos proporciona información sobre las propiedades superficiales de estos cuerpos.

En este trabajo nos centramos en la interpretación de las propiedades rotacionales (básicamente periodos de rotación y amplitudes) de la muestra de objetos observada hasta la fecha, tanto por nuestro grupo como por otros investigadores. Nuestra muestra comprende un total de unos 40 objetos, y juntando todos los trabajos publicados en la bibliografía científica, el total de objetos estudiados llega escasamente al centenar.

De nuestra propia muestra podemos concluir que la variabilidad media de las curvas de luz es incluso menor de lo que se obtiene de la muestra conjunta con otros investigadores. La razón principal de esta diferencia es que se produce un sesgo hacia amplitudes grandes y periodos cortos, al recopilar estudios bibliográficos. De hecho, la mayoría de los investigadores sólo publican sus resultados cuando pueden obtener un periodo de rotación, lo que es fácil para objetos con notable variabilidad, pero no para objetos con poca variabilidad.

Los periodos de rotación son difíciles de determinar porque el periodo fotométrico no siempre coincide con el periodo de rotación. Si la variabilidad es inducida a

partir de la forma elongada del objeto, el periodo de rotación es dos veces el periodo fotométrico. Pero si la variabilidad fotométrica es debida a cambios de albedo en la superficie, el periodo fotométrico coincide con el de rotación. Normalmente, las variaciones debidas al albedo son bajas, y por tanto podemos adoptar un umbral para decidir si una curva de luz es debida a la forma o a variaciones del albedo. En la realidad, siempre hay una mezcla de ambos factores, pero estadísticamente podemos suponer que todas las curvas de luz que tengan amplitud inferior a, digamos, μ , se deben a variaciones del albedo, y en estas, el periodo fotométrico coincide con el de rotación, mientras que para curvas de mayor amplitud el periodo de rotación es dos veces el fotométrico. Cuando realizamos este procedimiento para varios μ de prueba, generamos varias distribuciones de velocidades angulares y podemos elegir el μ que dé lugar a una distribución que se ajuste lo mejor posible a una distribución maxwelliana (ver Figura 1). Esto se obtiene en correspondencia a $\mu = 0.1$ mag.

Por todo ello, podemos concluir que la mayoría de los TNOs presentan variaciones debidas a “manchas” de diferente albedo, mientras que la presencia de elipsoides bastante elongados es marginal. En resumen, puede deducirse que la mayoría de los TNOs son bastante redondeados o son elipsoides de McLaurin (con dos de sus ejes iguales. El eje de rotación es el más corto). Los elipsoides triaxiales del tipo Jacobi (con sus tres ejes diferentes) son raros. Podemos explicar esta circunstancia por medio de un modelo consistente con la distribución observada de velocidades angulares y con las bajas deformaciones observadas.

Nuestro modelo⁽²⁾ se basa en suponer que los TNOs se encuentran en equilibrio hidrostático y procede de la siguiente manera. Para velocidades angulares escogidas aleatoriamente dentro de la distribución maxwelliana, vemos cuál es la forma que un objeto de una densidad de prueba adoptaría al rotar a esa velocidad angular, según las figuras de equilibrio de Chandrasekhar⁽⁸⁾. Si generamos orientaciones aleatorias podemos ver el porcentaje de objetos con diferente grado de variabilidad debido a la forma. Obtenemos así que, para una densidad de 1100 Kg/m³, se reproduce la estadística de variabilidad que hemos observado. Por tanto, reproducimos todos los observables y conseguimos estimar un valor medio para la densidad de los TNOs, lo cual es importante, ya que los únicos TNOs cuya densidad ha podido ser estimada son los pocos binarios a los que se les ha podido determinar la masa y su tamaño.

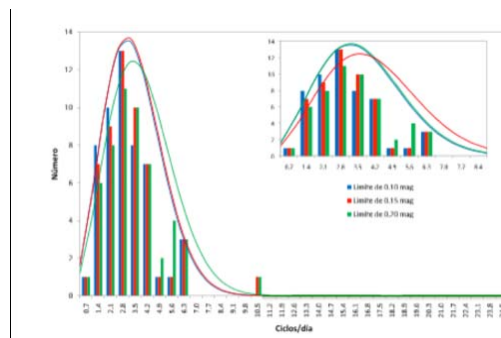


Fig 1: Histograma de las frecuencias de rotación (en ciclos/día) para los TNOs de la muestra usando un intervalo de 0.7 ciclos/día. En azul el histograma obtenido al poner el umbral de amplitud (pico simple/doble) en 0.10 mag. En rojo el histograma obtenido al poner el umbral de amplitud (pico simple/doble) en 0.15 mag. En verde el histograma obtenido al poner el umbral de amplitud (pico simple/doble) en 0.20 mag. Las líneas continuas son los resultados de los ajustes a distribución Maxwelliana. El recuadro de la parte superior derecha muestra una ampliación de la gráfica general en la que se ve mejor la zona central de los histogramas/ajustes indican el diámetro y albedo derivados del ajuste.

Además, si el modelo es correcto, encontramos que, como la mayoría de los TNOs cumplirían la condición de equilibrio hidrostático, podrían ser considerados planetas enanos, según la misma definición. Para conseguir que objetos de apenas 300 o 400 Km de diámetro estén en equilibrio hidrostático la resistencia a la tensión del material que los forma no puede ser superior a 0.1 o 1 MPa, cifra mucho más baja que la de los sólidos geofísicos habituales, ya que debe tenerse en cuenta que los TNOs están formados fundamentalmente por hielos, no por roca. También es posible que muchos TNOs sean objetos reacumulados, una especie de grandes agregados gravitacionales, los cuales responden ante la rotación aproximadamente como si fueran fluidos.

Debido a que, para una densidad media de 1100 Kg/m³, los objetos no pueden rotar más rápido de ~4 h, porque se disgregarían (de nuevo, suponiendo equilibrio hidrostático), nuestro modelo predice que no pueden existir TNOs que roten tan rápido. Efectivamente, en la muestra observacional encontramos una “barrera de spin” (barrera de rotación) que es consistente con nuestro modelo. Creemos que un número importante de TNOs (que puede llegar al 15 o 20%) se ha podido fisurar por rotación, ya el porcentaje de objetos que rotarían más rápido de 4h es aproximadamente un 15 o 20% del área de la maxwelliana citada anteriormente. Estas fisuras han podido dar lugar a sistemas binarios, muchos de los cuales pueden persistir aún hoy, si bien no sabemos su porcentaje exacto porque no sabemos si las fisuras serían casi primordiales o tuvieron lugar más tarde de la fase del LHB (Late Heavy Bombardment).

Si la evolución de los TNOs fisionados por rotación es comparable con la de los asteroides, cabe esperar que existan TNOs binarios síncronos, si la razón de masas del secundario al primario es mayor que 0.2, mientras que binarios asíncronos se formarían para razones de masa más bajas que esta. También, de las fisiones rotacionales serían esperables un buen número de “pares” de TNOs (objetos que tienen elementos orbitales casi idénticos pero que no están ligados, es decir, que no forman un sistema binario). Basándonos en consideración sobre el momento angular, hemos identificado al menos dos casos dentro de la población de TNOs que han podido sufrir fisiones rotacionales.

Referencias

- 1 Thirouin, A.; Ortiz, J. L.; Duffard, R.; Santos-Sanz, P.; Aceituno, F. J.; Morales, N.. *Astronomy and Astrophysics* (2011).
- 2 Duffard, R., Ortiz, J. L., Thirouin, A., Santos-Sanz, P., & Morales, N., *A&A*, 505, 1283,(2009)
- 3 Ortiz, J. L., Gutiérrez, P. J., Casanova, V., & Sota, A., *A&A*, 407, 1149,(2003a).
- 4 Ortiz, J. L., Gutiérrez, P. J., Sota, A., Casanova, V., & Teixeira, V. R., *A&A*, 409, L13, (2003b).
- 5 Ortiz, J. L., Sota, A., Moreno, R., et al., *A&A*, 420, 383,(2004)
- 6 Ortiz, J. L., Gutiérrez, P. J., Santos-Sanz, P., Casanova, V., & Sota, A., *A&A*, 447, 1131,(2006)
- 7 Ortiz, J. L., Santos Sanz, P., Gutiérrez, P. J., Duffard, R., & Aceituno, F. J., *A&A*, 468, L13, (2007).
- 8 Chandrasekhar, S., *Ellipsoidal figures of equilibrium* (New York: Dover),(1987)

El extraño caso del planeta enano 2003 EL61 (Haumea)

Campo-Bagatín, A.^{1,2}, Thirouin, A.³, Ortiz, J.L.³, Duffard, R.³,
Benavidez, P.G.^{1,2}, Richardson, D.C.⁴

e-mail: acb@ua.es

¹Departamento de Física, Ingeniería de Sistema y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante, 03080, Alicante

²Instituto de Física Aplicada a las Ciencias y la Tecnología, Universidad de Alicante, 03080, Alicante

³Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC, 18080 Granada

⁴Department of Astronomy, University of Maryland, MD-20742-2421, College Park (MD, U.S.A.)

En 2005, alrededor del planeta enano 2003 EL61 (Haumea) fueron descubiertos dos satélites¹ (Hi'iaka y Namaka), a este sistema triple se le considera asociado un grupo de una decena de objetos trans-neptunianos (TNOs), agrupados en el espacio de elementos propios muy próximos a los de Haumea mismo. Esta circunstancia animó especulaciones sobre los mecanismos de formación de este sistema de TNOs. Brown et al. (2007)⁽²⁾ proclamaron que se trataba de una familia colisional, al estilo de las familias de Hirayama que están reconocidas en el cinturón de asteroides, mientras que Schlichting and Sari (2009)⁽³⁾ y Leinhardt et al. (2010)⁽⁴⁾ propusieron sendos mecanismos de formación para este sistema.

En 2009, Ragozzine & Brown⁽⁵⁾ midieron las masas de Haumea y de sus satélites, así como su separación orbital, resultando que las relaciones de masas satélite/secundario son $M_H/M_{\text{Haumea}} \sim 1/200$ y $M_N/M_{\text{Haumea}} \sim 1/2000$. Observaciones fotométricas han revelado un periodo rotacional muy bien determinado, de 3,92 horas⁽⁶⁾, y que el cuerpo es alargado y probablemente triaxial ($\sim 2000 \times 1500 \times 1000$ km). Estos son los observables disponibles, independientemente de especulaciones acerca de la densidad estimada para el cuerpo primario, Haumea. Observaciones espectroscópicas muestran también una característica común a todo el sistema: la presencia de hielo de agua sobre la superficie de los satélites, de los miembros del grupo y de Haumea mismo^(1,7).

En este trabajo, por un lado analizamos la factibilidad de cada uno de los escenarios de formación propuestos, basándonos en consideraciones físicas acerca de la fenomenología colisional y sobre cálculos realizados a partir del modelo de evolución colisional y dinámica ALICANDEP (Asteroid-Like Collisional AND Dynamical Evolution Package)⁽⁸⁾, que ha reproducido recientemente los observables disponibles en la región de los TNOs en el marco del modelo de Niza para la evolución dinámica del cinturón de Edgeworth-Kuiper.

Por otra parte, proponemos mecanismos alternativos para la formación del sistema de Haumea y los comprobamos por medio de simulaciones numéricas a N-

cuerpos, utilizando el programa PKDGRAV⁹, intentando reproducir las observables físicas de Haumea, sus satélites y el grupo dinámico de cuerpos asociado a ellos.

Referencias

1. M. Brown, et al., *ApJ*, 632 (2005).
2. M. Brown et al., *Nature*, 446, 294-296 (2007)
3. H. Schlichting and R. Sari, *ApJ*, 700, 1242-1246 (2009)
4. Z. Leinhardt et al., *ApJ*, 714, 1789-1799 (2010)
5. D. Ragozzine and M. Brown, *Astron. J.*, 137, 4766-4776 (2009)
6. D. Rabinowitz et al., *ApJ*, 639 (2006)
7. N. Pinilla et al., *A&A*, 496, 547-556 (2009)
8. A. Campo Bagatin and P.G. Benavidez, in preparation (2011)
9. D.C. Richardson et al, *Icarus*, 143, 45- (2000)

Detección de vapor de agua en el cometa 81P/Wild2 con Herschel

M. de Val-Borro¹, P. Hartogh¹, J. Crovisier,
D. Bockelée-Morvan, N. Biver, D. C. Lis, R. Moreno, C. Jarchow,
M. Rengel, y S. Szutowicz

¹ Max-Planck Institute for Solar System Research, Lindau, Germany

e-mail: deval@mps.mpg.de

El cometa 81P/Wild2 fue observado con HIFI en el telescopio espacial Herschel en el marco del programa de tiempo garantizado "Agua y química relacionada en el Sistema Solar". Las observaciones fueron obtenidas en febrero de 2010, cerca de 20 días antes del perihelio a una distancia heliocéntrica de 1.61 UA. Las transiciones rotacionales fundamentales de orto-agua de 557 GHz y 1113 GHz se han observado usando mapas con cinco puntos. Obtenemos una tasa de producción de agua promedio de 1.0×10^{28} moléculas/s, de acuerdo con las tasas de producción obtenidas a partir de observaciones de las líneas de OH de 18 cm en el telescopio de radio Nançay. El corrimiento al azul y el exceso de emisión en los perfiles de línea sugieren desgasificación preferencial en dirección hacia el sol.

Estudio teórico de la adsorción de glicina en la superficie (100) de la forsterita

E. Escamilla-Roa¹, F. Moreno¹

e-mail: roa@iaa.es

¹Instituto de Astrofísica de Andalucía, Glorieta de la Astronomía s/n Granada, 18008

En el año 2009 la NASA confirmó la presencia de glicina en el cometa Wild 2, quedando las muestras atrapadas en aerogel de la sonda Stardust. ⁽¹⁾Este hallazgo sugiere que la materia orgánica en el Sistema Solar es abundante y refuerza la teoría de que algunos componentes de la vida surgieron en el espacio (panspermia) en la fase de formación del Sistema Solar en el disco de acreción de los granos de polvo y llegaron a la tierra a través del impacto de meteoritos y cometas.

Mediante las modernas técnicas ópticas de detección, se ha determinado la presencia de silicatos (olivino) y moléculas orgánicas (glicina) en el espacio. El olivino es uno de los minerales que forman parte de la corteza y el manto terrestre, se halla en las rocas de origen magmático y metamórfico, además, se encuentra en las condritas carbonadas y los granos de polvo cometarios.^(2,3) Este mineral está constituido por una mezcla isomorfa de fayalita y forsterita. Ambos cristalizan en el sistema ortorrómbico y consiste de unidades independientes de tetraedros de Si y de octaedros de Mg/Fe respectivamente (Figura 1a). La glicina es uno de los aminoácidos constituyentes de las proteínas en los seres vivos, es el aminoácido más pequeño y el único no quirral, ha sido detectado en diversos meteoritos ⁽⁴⁾ y, sin embargo, se especulaba sobre su origen.

Es objeto de este trabajo es el estudio de la interacción de una molécula de glicina en forma neutra y protonada con la superficie (100) de la forsterita, a través de cálculos de estructura electrónica basados en la Teoría del Funcional de la Densidad con la aproximación del gradiente generalizado (GGA), y además, se utiliza el funcional PBE y la base DNP. Los cálculos se realizan con el programa DMol3. Se proponen dos modelos de la superficie: baja y alta coordinación las cuales se piensa que tienen relación con la reactividad del mineral.⁽⁵⁾ Los resultados muestran las diferentes configuraciones y las energías de adsorción en los procesos

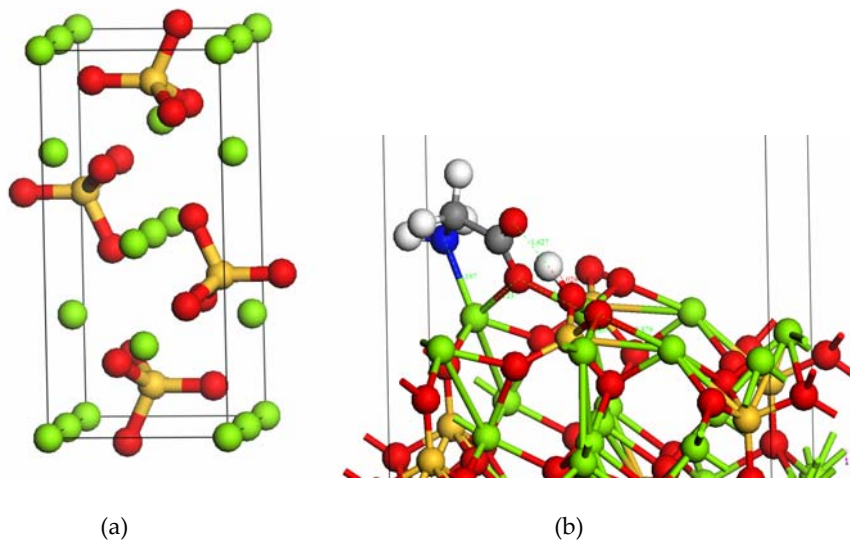


Figura 1. Estructuras optimizada de la forsterita (a) quimisorción de la glicina en la forsterita (b).

de fisisorción y quimisorción. La interacción forsterita/glicina se llevan a cabo en los dos procesos, los cuales dependen de la configuración del aminoácido con la superficie. Las estructuras en las que el aminoácido interacciona en forma horizontal producen reacción química con el mineral mediante la quimisorción con energías que van desde 58 a 96 kcal/mol. Por otro lado, se calculan las frecuencias y modos normales de vibración (Tabla 1) de las estructuras quimisorbidas (Figura 1b).

Tabla 1. Frecuencias de stretching (ν) obtenidos del cálculo IR en la adsorción de la estructura neutra.

Modos normales (ν) cm^{-1}	trabajo	otros trabajos
Si-O	965	962
Mg-Si	227	227
NH	3389/3512 ^m	3410
CO	1713/1764 ^m	1760/1774

m= frecuencias teóricas de la glicina en forma molecular

Referencias

1 <http://prl.aps.org/info/infoL.html#fig>

2 J. Bouwman, A. De Koter, C. Dominik, L. B.F.M. Waters. *Astronomy and Astrophysics*, 401, 577-592 (2003).

3 H. Schulze, J. Kissel, E. K. Jessberger, *Chemistry and Mineralogy of Comet Halley's Dust, From Stardust to Planetesimals*. Symposium held as part of the 108th Annual meeting of the ASP held at Santa Clara, California : [s.n.], 1997. Vol. 122, pp. 397-400.

4 M. H. Engel, S. A. Macko. *Nature* 389, 265-268 (1997).

5 H. E. King, M. Stimpfl, P. Deymier et al. *Earth and Planetary Science Letters*, (2010).

GRUPOS DE INVESTIGACIÓN,
OBSERVATORIOS Y METODOLOGÍAS

La Exploración del Sistema Solar en el Centro Europeo de Astronomía Espacial

A. Cardesín Moinelo^{1,2}, G. Schwehm¹, M. Küppers¹, N. Altobelli¹

e-mail: Alejandro.Cardesin@esa.int

¹ European Space Agency/European Space Astronomy Centre, 28691, Madrid, España

² Ingeniería y Servicios Aeroespaciales, 28008, Madrid, España

El Centro Europeo de Astronomía Espacial (ESAC) de la Agencia Espacial Europea (ESA) en Madrid se dedica principalmente a la coordinación y desarrollo de las operaciones científicas (Science Operations) para las misiones del programa científico, tanto de Astronomía como Sistema Solar. En particular, las divisiones de Desarrollo y Operaciones Científicas del Sistema Solar agrupan alrededor de 50 personas dedicadas a distintos ámbitos de la investigación científica e ingeniería aeroespacial, todo ello destinado a la exploración del Sistema Solar.

En cuanto a la investigación científica realizada por los miembros de ESAC, las líneas de investigación actuales cubren aspectos tan amplios como el estudio de la superficie de Marte y Mercurio, atmósfera de Venus, estructura y propiedades físicas de cuerpos menores (cometas, asteroides, etc), Saturno con sus anillos y lunas, física de partículas interplanetarias, física Solar y muchos otros ámbitos. Igualmente hay mucha experiencia en operación de instrumentos, planificación y análisis de geometría de observación.

Una mención especial merece el Archivo de Datos Científicos Planetarios (PSA), que contiene todos los datos de misiones del Sistema Solar de la ESA, y que está localizado físicamente en ESAC, coordinado por un equipo multidisciplinar con experiencia en múltiples técnicas de análisis e interpretación de datos, instrumentación, geometría, etc.

Además del personal científico y de operaciones, la ESA mantiene varios convenios de colaboración educativa abierto a estudiantes de licenciatura o doctorado, y un programa dedicado de post-doc (Research Fellowships) que permite una dedicación exclusiva a actividades científicas durante 2 ó 3 años, casi siempre en relación a alguna de las misiones espaciales de la ESA. Al mismo tiempo, la ESAC Faculty es una entidad creada expresamente para proporcionar soporte a las actividades de inve

stigación y que ofrece apoyo económico para colaboraciones externas y visitantes, así como para organización de eventos.

En esta presentación se dará un resumen de las actividades científicas y operacionales que se llevan a cabo en ESAC, en particular en el ámbito de las misiones del Sistema Solar, y se tratarán de identificar posibles sectores de colaboración.

Referencias

1. ESA Portal en España: <http://www.esa.int/esaCP/Spain.html>
2. ESA Science: <http://www.esa.int/export/esaSC/index.html>
3. ESAC Faculty: <http://www.sciops.esa.int/index.php?project=Esacfaculty>
4. ESA Planetary Science Archive: <http://www.rssd.esa.int/index.php?project=PSA>

**Actividades y Proyectos Científicos del Grupo de Amósferas Planetarias
del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)**

F. Javier Martín-Torres¹

e-mail: javiermt@cab.inta-csic.es

¹Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), Carretera de Ajalvir km. 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid

En esta charla presentaré las actividades que estamos desarrollando en el grupo de Atmósferas Planetarias que recientemente (abril de 2010) se ha creado en el Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Revisaré los resultados obtenidos durante este año, así como las líneas científicas y proyectos en los que estamos involucrados.

Espectroscopía infrarroja de hielos de interés astrofísico

B. Maté, Y. Rodríguez-Lazcano, O. Gálvez, V. J. Herrero, and R. Escribano

e-mail: belen.mate@csic.es

Departamento de Física Molecular, Instituto de Estructura de la Materia, IEM-CSIC, 28006, Madrid

Se ha detectado la presencia de hielos en muchos lugares del sistema solar, tanto en planetas (Tierra, Marte), en lunas de planetas (Europa, Ganímedes, Encelado, Titán,...), o en cuerpos como cometas o asteroides del cinturón de Kuiper. Estos hielos están formados principalmente por H_2O , CO_2 , CO , NH_3 , N_2 y CH_4 .

En el laboratorio del grupo FMSAA (Física Molecular de Sistemas Atmosféricos y Astrofísicos) del Instituto de Estructura de la Materia del CSIC contamos con un sistema especialmente diseñado para el estudio de hielos de interés astrofísico. Consta de una cámara de alto vacío ($P < 10^{-7}$ mbar) provista de un criostato en ciclo cerrado de He y acoplada a un espectrómetro FTIR y un espectrómetro de masas cuadrupolar. Las capas de hielo se generan mediante depósito desde la fase vapor de distintas especies de interés (H_2O , CO_2 , CH_4 , CHOOH ,...) sobre un sustrato frío dispuesto en contacto con el dedo frío del criostato. También es posible generar hielos mediante la congelación súbita de líquidos, lo cual nos permite analizar especies iónicas (NH_4^+ , HCOO^-). La temperatura del sustrato se puede controlar entre 10K y 296K con 1K de precisión. El sistema posee la versatilidad de registrar espectros IR de los hielos generados tanto en configuración de transmisión como en configuración de reflexión en incidencia rasante, cubriendo el rango espectral entre 16000 cm^{-1} (0.6 micras) y 500 cm^{-1} (20 micras).

Con este equipo experimental podemos obtener diversa información relevante para la comunidad astrofísica. Del espectro infrarrojo se pueden extraer las constantes ópticas (n , k) en el rango espectral estudiado, para las mezclas de hielos escogidas. Por otro lado, a partir del estudio de las "anomalías" de los espectros infrarrojos de mezclas de hielos (entendidas como variaciones respecto a los espectros de las especies puras) y del estudio de su evolución térmica se puede extraer información sobre el proceso de formación de un hielo (secuencial o simultáneo), su temperatura de formación, o la temperatura máxima alcanzada por

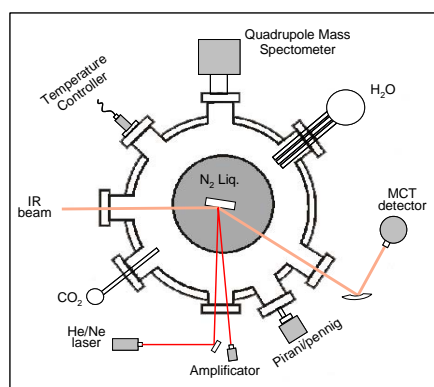


Figura 1. Esquema del sistema experimental en configuración de reflexión.

el mismo. La desorción térmica programada de las muestras, registrada con el cuadrupolo de masas, proporciona información adicional a la de la espectroscopía IR a la hora de interpretar los procesos de atrapamiento de volátiles en mezclas.

En nuestro laboratorio hemos estudiado entre otros hielos de $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$, $\text{CO}_2/\text{CH}_3\text{OH}$, $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}$ y $\text{NH}_4^+/\text{H}_2\text{O}$. En las mezclas de CO_2 con agua⁽¹⁾ o con metanol⁽²⁾ hemos observado que la molécula de CO_2 adopta dos configuraciones diferentes: una que se asemeja a la del hielo de CO_2 puro, con vibraciones análogas, y otra cuyas características espectrales varían (se desplazan a bajas frecuencias), indicando una distorsión en la estructura del CO_2 . Esta segunda estructura distorsionada refleja una mayor interacción del CO_2 con la matriz de agua o metanol. La fracción de cada una de estas especies presente en el hielo depende del proceso de formación del mismo, y su respuesta al calentamiento también es diferente. De forma similar hemos detectado la presencia de una estructura distorsionada de CH_4 en mezclas de metano y agua⁽³⁾ que en este caso se hace evidente por la aparición de una banda de absorción a 3.44 micras, prohibida por simetría para el hielo de metano puro, en los espectros de las mezclas. En otros experimentos, hemos observado que el modo de deformación ν_4 a 6.85 micras del ión amonio se ve fuertemente atenuado cuando el ión se encuentra embebido en matrices de agua amorfa⁽⁴⁾. Nuestra observación siembra dudas sobre la posibilidad, sugerida en la literatura, de que esta banda del amonio sea una de las contribuciones fundamentales a la absorción a 6.85 micras observada en gran cantidad de objetos astrofísicos.

Referencias

1. O. Gálvez, I.K. Ortega, B. Mate, M-A. Moreno, B. Martín-Llorente, V.J. Herrero, R. Escibano, and P. J. Gutierrez, *Astronomy & Astrophysics*, 472, 691-697 (2007).
2. B. Maté, O. Gálvez, V.J. Herrero , and R. Escibano, *The Astrophysical Journal* 690, 486-495 (2009).
3. O. Gálvez, B. Maté, V.J. Herrero , and R. Escibano, *The Astrophysical Journal* 690, 486-495 (2009).
4. B. Maté, B., O. Gálvez, V.J. Herrero, D. Fernández-Torre, M.A. Moreno, and R. Escibano, *The Astrophysical Journal* 703, L178 (2009).

Estudio de Plasmas en Atmósferas Planetarias

F.I. Gordillo-Vázquez¹, A. Luque¹, F. Parra¹ y M. Passas¹

e-mail: vazquez@iaa.es

¹ Instituto de Astrofísica de Andalucía, Glorieta de la Astronomía s/n, 18008 Granada, España

En esta ponencia pretendemos describir las actividades del grupo de plasmas transitorios en atmósferas planetarias (TRAPPA) recientemente creado (finales de 2008) en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA). Actualmente las investigaciones del grupo están centradas en proyectos relacionados con el estudio de los *Transient Luminous Events* (TLEs) descubiertos en la estratosfera y mesosfera terrestre en 1989⁽¹⁾. Los TLE son plasmas transitorios en las capas altas de la atmósfera generados por descargas eléctricas relacionadas con la actividad eléctrica en la troposfera terrestre. Entre los TLEs más frecuentemente observados hasta la fecha cabe mencionar a los Sprites, Halos y ELVES, aunque existen muchos otros como, por ejemplo, los Blue Jets y Giant Blue Jets. Los trabajos de investigación del grupo TRAPPA se enmarcan en el contexto de varias misiones espaciales como la *Atmospheric Space Interaction Monitor* (ASIM) de la ESA y el microsatélite TARANIS del CNES cuyos lanzamientos están previstos para 2013 y 2014, respectivamente. El grupo también participa en el proyecto COBRAT que es una iniciativa del CNES para usar globos estratosféricos (a unos 30 - 35 km de altura) de larga duración (varios días) para estudiar in-situ la posible influencia de los TLEs sobre las propiedades químicas y eléctricas de la atmósfera terrestre.

Para el estudio de los TLEs en la Tierra, nuestro grupo emplea una doble aproximación basada en, por un lado, el desarrollo de una serie de modelos y herramientas de simulación y, por otro lado, el desarrollo de instrumentación. En este sentido, nuestro grupo está desarrollando prototipos de los instrumentos Sprite Etalon Spectrograph (SES) y Sprite Polarimeter (SPO). El SES es un espectrómetro de tipo Fabry-Perot de resolución media ($R \sim 7000$) en el visible diseñado para detectar, en un rango espectral estrecho (10 nm), el espectro vibrorotacional de los Sprites. Por otro lado, el SPO será el primer instrumento capaz de informarnos sobre la posible polarización de la luz emitida por los TLEs, para ello el SPO nos proporcionará los cuatro parámetros de Stokes a partir de una sola imagen de los TLE detectados.

En la exposición sobre las actividades del grupo también se describirán muy brevemente algunos de los resultados obtenidos hasta la fecha en relación con modelos y simulaciones de TLEs. En particular, se mencionarán los cálculos realizados relativos a la variación de la conductividad del aire debido a la presencia de TLEs, la cinética vibracional de moléculas de N₂ y O₂ inducida por TLE así como las predicciones (y comparación con medidas) de nuestros modelos en relación con las funciones de distribución vibracional del N₂ excitado en plasmas TLE así como los espectros de emisión esperados procedentes de Sprites y Halos en el rango visible, ultravioleta e infrarrojo cercano.

La presencia de TLEs en la atmósfera terrestre está relacionada, como se comentó arriba, con su actividad eléctrica. Así pues, en principio, sería posible y razonable esperar la presencia de TLEs en las atmósferas de planetas y lunas con actividad eléctrica contrastada o posible. Por tanto, TLEs extraterrestres podrían tener lugar en Venus, Júpiter, Saturno y quizás también en Titán⁽²⁾. Así pues, en esta presentación se comentará la posible existencia de TLEs en la atmósfera de CO₂ de Venus, la atmósfera de N₂ de Titán así como la atmósfera de H₂– He de Júpiter.

Por otro lado, también se comentará brevemente la posible actividad eléctrica en Marte debida a procesos triboeléctricos de carga de los granos de polvo durante las frecuentes tormentas de polvo detectadas en la atmósfera de Marte. En Marte también son frecuentes los *dustdevils* o demonios de polvo que son como torbellinos y/o pequeños tornados de polvo, de hasta 8 km de alto y 200 metros de diámetro, en los que se ha detectado emisión óptica visible asociada con la formación de plasmas transitorios de tipo corona y/o glow involucrados en la formación de ciertas especies químicas como CO-, O-, H- y OH- que podrían jugar cierto papel en la química atmosférica de Marte así como explicar la alta reactividad química del suelo marciano medida por las misiones Viking⁽³⁾.

Algunas de estas temáticas, como TLEs extraterrestres, actividad eléctrica en Marte y otros planetas y lunas del Sistema Solar pueden ser objeto de investigaciones a medio plazo del joven grupo de plasmas transitorios en atmósferas planetarias del IAA pero no se descartan temáticas que complementen la actividad investigadora de la comunidad de Sistema Solar española por lo que se agradecerán sugerencias sobre posibles colaboraciones.



Figura 1. Dos imágenes del prototipo del Sprite Etalon Spectrograph (SES), diseñado para el estudio, con resolución media ($R \sim 7000$) en el visible, de espectros vibrorotacionales de TLEs terrestres.

Referencias

1. R. C. Franz, R. J. Nemzek and J. R. Winckler, *Science*, 249, 48 – 51, doi: 10.1126/science.249.4964.48, (1990).
2. Y. Yair, Y. Takahashi, R. Yaniv, U. Ebert and Y. Goto, *J. Geophys. Res.*, 114, E09002, doi: 10.1029/2008JE003311, (2009).
3. G. T. Delory, *Proc. ESA Annual Meeting on Electrostatics 2010*, Paper A1.

PHA's precovery using the Virtual Observatory

E.Solano¹, C. Rodrigo¹, O. Vaduvescu^{2,3,4}

e-mail: esm@cab.inta-csic.es

¹ Observatorio Virtual Español. Dpto Astrofísica. Centro de Astrobiología (INTA-CSIC). Campus Villafranca. Apartado de Correos 78, 28691 Villanueva de la Cañada, Madrid, España

² Isaac Newton Group of Telescopes, La Palma, Canary Islands, Spain

³ IMCCE, Observatoire de Paris, 77 Avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris Cedex, France

⁴ Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), C/Vía Lactea s/n, 38205 La Laguna, Spain

Potentially hazardous asteroids (PHAs) are designated as Near Earth Asteroids (NEAs) having a minimum orbital intersection distance (MOID) ≤ 0.05 AU⁽¹⁾ and an absolute magnitudes $H \leq 22$, which corresponds to objects larger than about 150 m assuming an albedo of 13%. The interest in the study of NEAs has tremendously increased in the last two decades as the consciousness of the potential danger of these objects for the human society was raised. A number of projects (CSS, LINEAR, Spacewatch, LONEOS, NEAT and, recently, Pan-STARRS) are producing an almost complete list of large-size NEAs ($D > 1$ km)

Once discovered, the candidate NEAs must be followed-up to secure their nature and improve their orbital elements. This is one of the main goals of EURONEAR¹, an European initiative in operation since May 2006 which envisions establishing a co-ordinated network to follow-up NEAs using 1-2 m-class telescopes.

Besides follow-up observations, mining image archives represents an excellent opportunity to recover and secure newly discovered asteroids. The importance of this approach was clearly proved with Apophis: originally flagged to have an impact risk of $TS = 4$ on the Torino Scale⁽²⁾, the situation was alleviated using some precovery positions obtained from Spacewatch observations taken in March 2004 which extended the orbital arc to 9 months, ruling out any possible impact in 2029. Nevertheless, very few projects ⁽³⁾ have been devoted so far to mine astronomical archives, the main reason being the lack of standardization in the queries to the archives and the lack of homogeneity in the results.

¹ <http://euronear.imcce.fr/tiki-index.php>

The Virtual Observatory² (VO) is an international initiative whose main goal is to guarantee an easy and efficient access and analysis of the information hosted in astronomical archives and services. VO represents, therefore, the ideal framework where to develop precovery projects.

In this presentation we will describe a VO-service developed by the Spanish Virtual Observatory (SVO³) to precover PHAs . In a first step we have focused on the two large-area surveys, namely UKIDSS (Data Release 8) and SDSS (Data Release 8). Other surveys (like those carried out in the VISTA and VST telescopes) will subsequently be incorporated. On a regular basis, our VO-service downloads the list of PHAs maintained by the Minor Planet Center and, if new entries or updated information of previous entries are found, a file with coordinates and epoch for every new / updated object will be generated. This file, generated using the NEODYs⁴ system is cross-matched in spatial coordinates and time with the footprints of the abovementioned VO-archives. Objects within the field of view in the appropriate epoch are visually inspected for confirmation. In case of a positive detection, accurate information on position and epoch is submitted to the Minor Planet Center.

In a later stage, it is our aim to open this service to amateurs astronomers, teachers and the general public. A friendly system will be developed so that any person can easily mine the VO archives and precover the newly discovered objects he/she is looking for. If this is the case, and once confirmed by the VO staff, the information related to the discovery (position, epoch) will be sent to the Minor Planet Center together with the discoverer's name. The goal is that every user can feel the excitement associated to an astronomical discovery and see how his/her efforts are awarded.

² <http://www.ivoa.net>

³ <http://svo.cab.inta-csic.es>

⁴ <http://unicorn.eis.uva.es/neodys/>

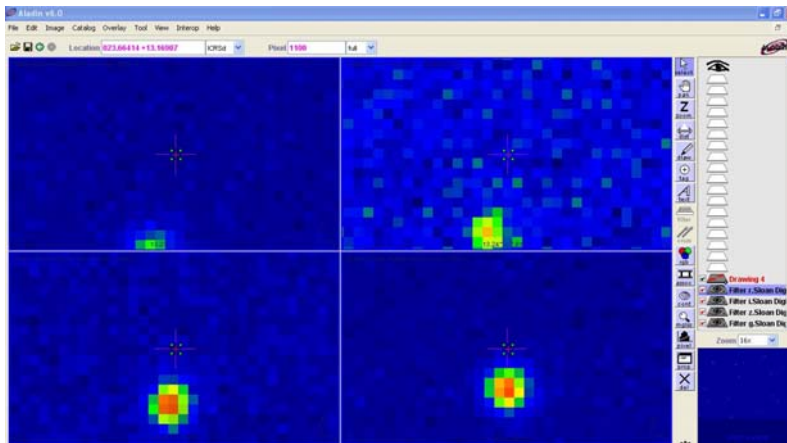


Figura 1. Asteroid precovery using SDSS data and VO tools.

Referencias

1. Birlan, M., Vaduvescu, O., Tudorica, A., et al. A&A 511, A40 (2010)
2. Binzel, R.P. P&SS 48, 297 (2000)
3. Boattini, A.; D'Abramo, G.; Forti, G.; Gal, R. A&A 375, 293 (2001)

MISIONES ESPACIALES FUTURAS

A multiple-rendezvous, sample-return mission to two near-Earth asteroids

R. Duffard¹, K. Kumar², S. Pirrotta³, M. Salatti³, M. Kubínyi⁴, U. Derz⁵,
R.M.G. Armytage⁶, S. Arloth⁷, L. Donati⁸, A. Duricic⁹, J. Flahaut¹⁰, S.
Hempel¹¹, A. Pollinger¹², S. Poulsen¹³

e-mail: duffard@iaa.es

¹ Instituto de Astrofísica de Andalucía – CSIC, Apt 3004, 18080 Granada, Spain.

² Astrodynamics and Satellite Missions, Delft University of Technology, Kluyverweg 1, 2629HS Delft, Netherlands.

³ Italian Space Agency, Viale Liegi 26, I-00198 Roma, Italy.

⁴ Czech Technical University in Prague, Faculty of Electrical Engineering, 166 27 Praha 6, Technická 2, Praha, Czech Republic.

⁵ RWTH Aachen University, Templergraben 55, D-52056 Aachen, Germany.

⁶ Department of Earth Sciences, University of Oxford, South Parks Rd. Oxford, OX1 3AN, United Kingdom.

⁷ Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH, Albert Einstein Str. 12, D-12489 Berlin, Germany.

⁸ Ruag Aerospace, Seetalstrasse 175, Emmen CH-6032, Switzerland.

⁹ University of Vienna, Institute of Astronomy, Tuerkenschanzstrasse 17, Wien A-1180, Austria.

¹⁰ ENS Lyon, 46 allè d'Italie, F-69394 Lyon Cedex 07, France.

¹¹ Institute for Geophysics, University of Muenster, Muenster, Germany.

¹² Space Research Institute/Austrian Academie of Science, Schmiedlstrasse 6, A-8042 Graz, Austria.

¹³ DTU Space National Space Institute, Dept. Geodynamics Juliane Maries vej 30, DK-2100. Copenhagen, Denmark.

We propose a dual-rendezvous mission, targeting near-Earth asteroids, including sample-return. The mission, Asteroid Sampling Mission (ASM), consists of two parts: (i) flyby and remote sensing of a Q-type asteroid, and (ii) sampling of a V-type asteroid.

The targeted undifferentiated Q-type are found mainly in the near-Earth space, and to this date have not been the target of a space mission. We have chosen, for our sampling target, an asteroid from the basaltic class (V-type), as asteroids in this class exhibit spectral signatures that resemble those of the well-studied Howardite–Eucrite–Diogenite (HED) meteorite suite. The mission scenario can be seen in Fig. 1.

With this mission, we expect to answer specific questions about the links between differentiated meteorites and asteroids, as well as gain further insight into the

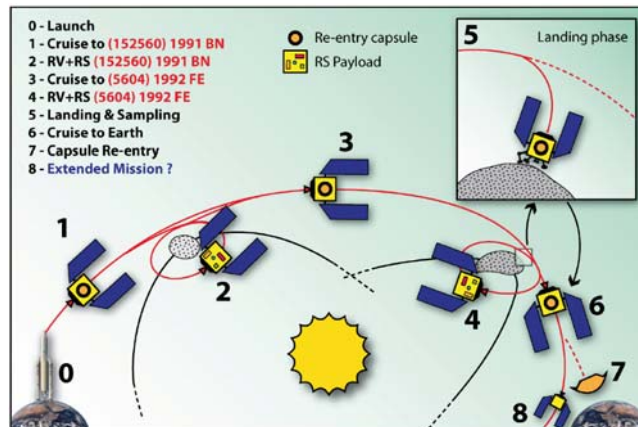


Fig 1: Mission Scenario. Launch, cruise to the first target asteroid, rendezvous, cruise to the second targeted asteroid, landing and sampling, and cruise to Earth then capsule re-entry.

broader issues of early Solar System (SS) evolution and the formation of terrestrial planets. During rendezvous with the first asteroid and the initial orbiting phase of the second asteroid, we plan to conduct the following experiments remotely:

- Imaging of surface features/topography to 1 m resolution.
- Macro scale mineralogy and composition (to 20 m resolution).
- Size, shape, mass, density, gravity of asteroidal bodies.

At the sample site we intend to conduct the following experiments:

- Imaging of the sampling site (field-of-view 1 mrad).
- Chemical composition and mineralogy (field-of-view <1 mrad).

To achieve the mission, we designed a spacecraft with a dry mass of less than 3 tonnes that uses electric propulsion with a solar-electric power supply of 15 kW at 1 Astronomical Unit (AU). The mission includes a series of remote sensing instruments, envisages landing of the whole spacecraft on the sampling target, and employs an innovative sampling mechanism.

Launch is foreseen to occur in 2018, as the designed timetable, and the mission would last about 10 years, bringing back a 150 g subsurface sample within a small re-entry capsule. This paper is a work presented at the 2008 Summer School Alpbach, "Sample return from the Moon, asteroids and comets" organized by the Aeronautics

and Space Agency of the Austrian Research Promotion Agency. The complete description of the mission is presented in [1]

Referencias

1. Duffard, R., et al. A multiple-rendezvous, sample-return mission to two near-Earth asteroids. *J. Adv. Space Res.* (2011), doi:[10.1016/j.asr.2011.02.013](https://doi.org/10.1016/j.asr.2011.02.013). in press.

Marco Polo-R: a scientific and technological opportunity for spanish researchers

J. Licandro^{1,2}, L. M. Lara, A. Campo-Bagatín, J.M. Trigo

e-mail: jlicandr@iac.es

¹ Instituto de Astrofísica de Canarias, 38205, La Laguna (Tenerife)

² Departamento de Astrofísica, Universidad de La Laguna, 38201, La Laguna (Tenerife)

³ Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC, Glorieta de la Astronomía, s/n., 18008, Granada, Spain

⁴ Universidad de Alicante, Spain

⁵ Institute of Space Sciences-CSIC, Campus UAB, Facultat de Ciències, 8 Torre C5-parell-2^a, 08193 Bellaterra, Barcelona, Spain

MarcoPolo-R (MP-R) ⁽¹⁾ is a mission whose primary objective is a sample return from a primitive Near-Earth Asteroid. It is based along the lines of the former Marco Polo (MP) study mission. The former MP mission was selected in the program Cosmic Vision 2015-2025 of the European Space Agency for an assessment study (2007-2009). In 2010, we re-proposed a mission to ESA CV2 (call M3), MP-R, that has been selected for the assessment study phase of ESA M3 missions on Feb. 25, 2011.

The science goals and objectives of the MP-R Mission

The MarcoPolo-R mission to a primitive Near Earth Asteroid will provide crucial elements to answer the following fundamental questions defining the science goals:

- 1) What were the processes occurring in the early solar system and accompanying planet formation?
- 2) What are the physical properties and evolution of the building blocks of terrestrial planets?
- 3) Do NEAs of primitive classes contain pre-solar material yet unknown in meteoritic samples?
- 4) What are the nature and the origin of the organics in primitive asteroids and how can they shed light on the origin of molecules necessary for life?

From the top level scientific goals indicated above the following more detailed scientific objectives of MarcoPolo-R were derived:

- A. Characterise the chemical and physical environment in the early solar nebula
- B. Define the processes affecting the gas and the dust in the solar nebula
- C. Determine the timescales of solar nebula processes
- D. Determine the global physical properties of an NEA

- E. Determine the physical processes, and their chronology, that shaped the surface structure of the NEA
- F. Characterise the chemical processes that shaped the NEA composition (e.g. volatiles, water)
- G. Link the detailed orbital and laboratory characterisation to meteorites and interplanetary dust particles (IDPs) and provide ground truth for the astronomical database
- H. Determine the interstellar grain inventory
- I. Determine the stellar environment in which the grains formed
- J. Define the interstellar processes that have affected the grains
- K. Determine the diversity and complexity of organic species in a primitive asteroid
- L. Understand the origin of organic species
- M. Provide insight into the role of organics in life formation

Potential targets

NEAs are among the most accessible bodies of the Solar System. Many of them have flexible launch windows and short mission durations (e.g. less than 10 years for a sample return). The baseline target of the ESA-led scheme of MarcoPolo-R is the binary target (175706) 1996FG3 that offers a very efficient operational and technical mission profile. The choice of this binary NEA will allow new investigations to be performed more easily than at a single object, and also enables investigations impossible at a single object regarding the fascinating geology and geophysics of asteroids. Several launch windows have been identified in the time span 2020-2024. A number of other possible primitive single targets of high scientific interest have been identified covering a wide range of possible launch windows consistent with Cosmic Vision 2, e.g. 1999JU3, 1986RQ36.

Why a primitive asteroid

Primitive asteroids are expected to contain organic materials. The possibility offered by the Marco Polo mission to identify and analyse the structure of the organics matter in laboratory in a great level of details is crucial to determine whether these objects delivered the prebiotic material that led to the formation of Life on Earth

The Spanish participation in MP-R

The four co-authors of this presentation are parte of the core group of proposers of MP-R, more than 30 spanish scientist from 12 spanish institutions are supporters of

the mission. Several Spanish groups and industries have been involved in two different aspects of the mission: science in support of it; technological developments.

In this talk we will present Marco Polo-R to the Spanish solar system community and the science that has been done by Spanish groups in support of it, and we will discuss the different opportunities for scientists and for institutions and industries to do technological developments related to the mission.

Referencias

1. <http://www.oca.eu/MarcoPolo-R/>

Caracterización espectral de asteroides carbonáceos y su aplicación a la misión Marco Polo-R.

J. M. Trigo-Rodríguez¹, J. Llorca², y J.M. Madiedo³

e-mail: trigo@ieec.uab.es

¹ Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC-IEEC), Campus UAB, Fac. Ciencias C5, Bellaterra, Barcelona.

² Instituto de Técnicas Energéticas y Centro de Investigación en Nanoingeniería, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

³ Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, Huelva.

Entre los objetos más primitivos del Sistema Solar se encuentran los asteroides carbonáceos. Entre las clases asteroidales más primitivas encontramos, por ejemplo, la tipo K que posee propiedades espectrales similares a las condritas carbonáceas de los grupos CO3/CV3 ⁽¹⁾. Presentamos la reflectividad espectral de varias secciones pulidas de condritas del grupo CV3 obtenida mediante un espectrómetro Shimadzu UV3600 con un procedimiento estandarizado descrito previamente ⁽²⁾. Este instrumento permite obtener la reflectividad espectral con una precisión superior a 1σ en un amplio rango espectral comprendido entre 0,185 a 2,600 μm .

La caracterización de la superficie de asteroides carbonáceos de manera remota se presenta complicada dado que estos objetos altamente porosos han estado sometidos a un continuo bombardeo de su superficie por objetos de muy diferente naturaleza. Por ello los materiales superficiales podrían ser mayoritariamente brechas regolíticas formadas por fragmentos de otros cuerpos de litología diferente tal y como se identificó en Almahata Sitta ⁽³⁾. Nuestros estudios van encaminados a obtener espectros detallados de la reflectividad espectral de muestras pulidas y rugosas de diferente naturaleza para comprender mejor la composición de asteroides de manera remota. Tanto los perfiles como determinadas bandas espectrales que se obtienen en tales espectros son características de diferentes clases espectrales asteroidales. Por ello, los espectros pueden compararse con muestras previamente analizadas a fin de caracterizar de un modo rápido y fiable la naturaleza del material a estudio (Figura 1).

Algunas de las bandas espectrales características están asociadas a silicatos hidratados que son comunes en diferentes grupos de condritas carbonáceas

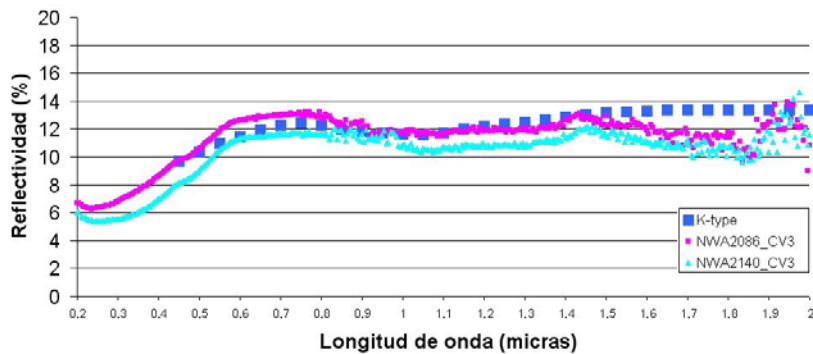


Figura 1. Espectro de reflexión de las condritas carbonáceas CV3: NWA2086 y NWA2140

primitivas como las de los grupos CM y CR. En ese sentido las CMs se encuentran entre las más frágiles y alteradas por agua, evidenciando la existencia de procesos hidrotermales en su asteroide progenitor ^(4,5). Sin embargo los diferentes meteoritos que conocemos del grupo CM han experimentado una extremadamente variable alteración acuosa que puede aportar claves sobre la propia estructura del asteroide progenitor ⁽⁵⁾. Este tipo de procesos revierte un interés especial por esconder importantes claves sobre la medida en que la alteración acuosa de estos objetos primitivos resultó a la postre fundamental en la retención de agua y su transporte final en las fases del bombardeo tardío a la Tierra y otros planetas rocosos ⁽⁶⁾.

A modo de conclusión, la caracterización de muestras en base a espectros de reflexión tiene variadas aplicaciones en el estudio remoto de asteroides y resulta complementaria de otras técnicas de estudio remoto. Por ejemplo, una aplicación directa a futuras misiones de retorno de muestras como Marco Polo-R, actualmente en fase de evaluación por la Agencia Espacial Europea (ESA) ⁽⁷⁾, sería acoplar un espectrómetro a un brazo robótico que permitiese la caracterización *in situ* de regiones particulares de la superficie asteroidal. De ese modo se podrían seleccionar aquellas zonas más prometedoras para el retorno de muestras a la Tierra. Cabe tener en cuenta que estas misiones espaciales enviadas a primitivos objetos tendrán como uno de los principales objetivos científicos poder recuperar muestras primitivas, características de los materiales accreacionales primigenios del asteroide. Entre tales componentes de las condritas carbonáceas encontraríamos: cóndrulos, inclusiones refractarias, granos metálicos, componente orgánica compleja de la matriz y diminutos granos presolares que formaban parte del disco

protoplanetario antes de la formación de los planetas del Sistema Solar ⁽⁸⁾. Obviamente, si la superficie está marcada por impactos y ha sufrido variable degradación por *space weathering*, el muestreo de tales materiales podría no ser representativo de los componentes primigenios que conforman el asteroide.

Referencias

1. T.H. Burbine, R.P. Binzel, S.J. Bus, and B.E. Clark. Meteorit. Planet. Sci. 36, 245-253 (2001).
2. J.M. Trigo-Rodríguez et al. Lunar Planet. Sci. 42, abstract #1795, Lunar & Planetary Institute, Houston, TX. (2011)
3. A. Bischoff, M. Horstmann, A. Pack, M.Laubenstein, and S. Haberer. Meteorit. Planet. Sci. 45, 1638-1656 (2010).
4. J.M. Trigo-Rodríguez, A.E. Rubin, J.T. Wasson. Geochim. Cosmoch. Acta 70, 1271-1290 (2006).
5. A.E. Rubin, J.M. Trigo-Rodríguez, H. Huber, J.T. Wasson. Geochim. Cosmoch. Acta 71, 2361-2382 (2007).
6. J.M. Trigo-Rodríguez and F.J. Martín-Torres. Planet. Space Sci. 59, doi: 10.1016/j.pss.2011.02.011 (2011)
7. M. A. Barucci et al. Marco Polo-R: Near Earth Asteroid Sample Return Mission, Experimental Astronomy, submitted (2011).
8. J.M. Trigo-Rodríguez and J. Blum. Planet. Space Sci. 57, 243-249 (2009)

NOMAD : Participación española en ExoMars, la 1ª misión conjunta ESA-NASA al planeta Marte

M.A. López Valverde¹, J.J. López Moreno¹, J. Rodríguez¹, M. López-
Puertas¹, B. Funke¹, M. García-Comas¹, F.González-Galindo¹ y A. C.
Vandaele²

e-mail: valverde@iaa.es

¹Instituto de Astrofísica de Andalucía/CSIC, Granada, España

² Belgian Institute for Space Aeronomy, Bruselas, Belgica

ExoMars es ya una realidad. Una misión conjunta de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de la norteamericana NASA para la exploración de Marte, que será el primer eslabón de un programa conjunto a largo plazo de ambas agencias para combinar sus programas de investigación sobre nuestro vecino planeta rojo.

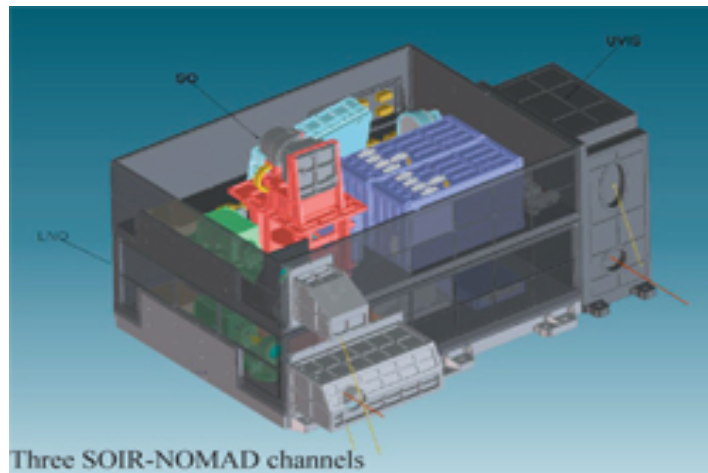
La primera fase de ExoMars tiene previsto su lanzamiento en 2016 y la segunda en 2018. La primera consta de un orbital y un vehículo en superficie europeos, con un lanzador americano. En la segunda se pondrán en superficie 2 vehículos de exploración, uno de ESA y otro de NASA. El orbital, llamado ExoMars Trace Gas Orbiter, EMTGO, consta de varios instrumentos a bordo para la búsqueda (detección) y estudio (distribución de fuentes y sumideros, variabilidad espacial y temporal) de especies minoritarias de la atmósfera de gran interés geofísico y evolutivo (metano, dióxido de azufre, familia del vapor de agua, etc).



Figura 1. Concepto de la misión EXOMARS 2016-2018, proyecto conjunto de ESA y NASA para la exploración de Marte. La primera fase de la misión, a lanzarse en 2016, incluirá el orbital EMTGO, a bordo del cual irá el instrumento NOMAD, desarrollado conjuntamente por varios laboratorios europeos, liderados por el Belgian Institute for Space Aeronomy, en Bruselas, y por el Instituto de Astrofísica de Andalucía / CSIC, en Granada.

En Agosto de 2010 ESA y NASA anunciaron la selección del instrumental científico del orbital EMTGO, y entre los instrumentos seleccionados se encuentra NOMAD, un espectrómetro en el cercano infrarrojo (2-4 μm) y en el UV (200-650 nm), basado en el instrumento SOIR desarrollado por el Belgian Institute for Space Aeronomy de Bélgica (BIRA) para la misión Venus Express, y que viene estudiando la alta atmósfera de Venus desde el comienzo de las operaciones científicas de Venus Express en 2006. Los países principales involucrados en NOMAD son Bélgica, España, Italia y Reino Unido, con el apoyo de EEUU y Canadá; la Investigadora Principal de NOMAD es Ann-Carine Vandaele, de BIRA, Bruselas. Por la parte española, el co-Investigador Principal es J.J. López-Moreno, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA/CSIC), en Granada.

NOMAD utilizará dos canales en el cercano infrarrojo y un canal en el UV para sondear la composición química de la atmósfera y su dinámica. Utilizará dos técnicas bien diferentes, la ocultación solar (geometría de observación limbo), y la emisión/absorción atmosférica en geometría nadir (mirando a la superficie bajo el orbital, usando varios ángulos de apuntado) y limbo.



En esta presentación describiremos las características principales de este instrumento, y sus objetivos y potencial científicos, el estado de NOMAD y de EMTGO, y los objetivos principales de la participación española en este proyecto espacial.

Referencias

1. http://www.esa.int/esaCP/SEM6XEZMZBG_index_0.html
2. <http://exploration.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=48523&fbodylongid=2187>

Marte: Los descubrimientos principales y la misión Meiga-Metnet-Precursor

Luis Vázquez

e-mail: lvazquez@fdi.ucm.es

Departamento de Matemática Aplicada, Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid
/ 28040-Madrid

En el periodo reciente se ha desarrollado una exploración intensiva del planeta Marte. En este contexto, se presenta una descripción panorámica de los diez descubrimientos fundamentales del Programa de Exploración de Marte junto con los enigmas y cuestiones abiertas que plantean. Finalmente, se considera el papel que la Misión Mars MetNet Precursor de Rusia, Finlandia y España aportará para clarificar dichas cuestiones. Por otra parte, dicha Misión está permitiendo crear un entorno de investigación científica y tecnológica Marciana en España.

Referencias

¹ <http://mepag.jpl.nasa.gov/science>

² www.fmi.fi ; www.meiga-metnet.org

³ A.M. Harri, W. Schmidt, H. Guerrero, L. Vázquez and the MetNet Team. "MetNet Network Precursor Mission". Libro de Resúmenes de "European Geosciences Union General Assembly 2010", Viena, Austria, 2-7 Mayo, 2010.

⁴ H. Guerrero et al. (Spanish Team). "Development of miniaturized instrumentation for planetary exploration and its application to the Mars MetNet Precursor Mission". Libro de Resúmenes de "European Geosciences Union General Assembly 2010", Viena, Austria, 2-7 Mayo, 2010.

⁵ Remo Tamayo, José Alonso, Juan José Jiménez, Ignacio Arruego, Héctor Guerrero, "OpticalWireless Links for intra-Satellite Communications: Reflection Models and Hardware Optimization", *AIAA Journal Of Aerospace Computing, Information and Communication*, Vol. 7, No. 3, Iss. 12, 2010, DOI: 10.2514/1.30271

⁶ M. D. Michelena, I. Arruego, J.M. Oter, H. Guerrero, "COTS-Based Wireless Magnetic Sensor for Small Satellites", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 46 (2010) pp. 542-557.

- ⁷ P. Romero, G. Barderas, J.L. Vázquez-Poletti and L.M. Llorente. "Spatial Chronogram to detect Phobos Eclipses on Mars with the MetNet Precursor Lander". Enviado al Planetary and Space Science (2011).
- ⁸ J.L. Vázquez-Poletti, G. Barderas, I. M. Llorente and P. Romero. "A Model for Efficient Onboard Actualization of an Instrumental Cyclogram for the Mars MetNet Mission on a Public Cloud Infrastructure". Lecture Notes in Computer Sciences (2011, en prensa). Resultados presentados en la conferencia internacional "PARA 2010 – State of the Art in Scientific and Parallel Computing". Reykjavik, Islandia, Junio 6-9.
- ⁹ B. Sánchez-Cano, M. Herraiz, G. Rodríguez-Caderot and S.M. Radicella, "Study of the Ionosphere of Mars: Application and Limitations of the Chapman-layer Model.". Highlights of Spanish Astrophysics VI, Proceedings of the IX Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society held on September 1317, 2010, in Madrid, Spain. M. R. Zapatero Osorio et al. (Eds.).
- ¹⁰ Congreso European Geosciences Union (EGU) en Viena 3-8/04/2011:
- Beatriz Sánchez - Cano, Sandro M. Radicella , Miguel Herraiz, Gracia Rodríguez - Caderot, and Olivier Witasse. "A Mars M1 Ionosphere Layer Empirical Model Based on MARSIS Data". Presentación oral.
 - María Ramírez-Nicolás, Luis Vázquez , David Usero and Miguel Herraiz "Charged Particles in the Crustal Magnetic Field of Mars". Poster.
- ¹¹ A. Petrosyan, B. Galperin, S.E. Larsen, S.R. Lewis, A. Määttänen, P.L. Read, N. Renno, L.P.H.T. Rogberg, H. Savijärvi, T. Silli, A. Spiga, A. Toigo and L. Vázquez. "The Martian Atmospheric Boundary Layer". *Reviews of Geophysics*, 48 pages (2011, in press).
- ¹² G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. "Characterization of the Martian Convective Boundary Layer". *Journal of the Atmospheric Sciences* 66, 2044-2057 (2009).
- ¹³ G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. "Characterization of the Martian Surface Layer". *Journal of the Atmospheric Sciences* 66, 187-198 (2009).
- ¹⁴ M.P. Zorzano, L. Vázquez and S. Jiménez. "Retrieval of Spectral Irradiance from Filtered Photodiode Measurements". *Inverse Problems* 25, 115023 (2009).
- ¹⁵ L. Vázquez, M.P. Zorzano and S. Jiménez. "Spectral Information Retrieval from Integrated Broadband Photodiode Martian Ultraviolet Measurements". *Optics Letters* 32, n. 17, 2596-2598 (2007).
- ¹⁶ M.P. Zorzano and L. Vázquez. "Remote Temperature Retrieval from Heating or Cooling Targets". *Optics Letters* 31, n. 10, 1420-1422 (2006).
- ¹⁷ M.P. Zorzano, A.M. Mancho and L. Vázquez. "Numerical Integration of the Discrete-Ordinate Radiative Transfer Equation in Strongly Non-Homogeneous Media". *Applied Mathematics and Computation* 164, 263-274 (2005).

Estrategia en el desarrollo de instrumentación miniaturizada para exploración planetaria

Héctor Guerrero Padrón

e-mail: guerreroph@inta.es

Área de Cargas Útiles e Instrumentación Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial – INTA

Se detallan las principales líneas de actuación del INTA – Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial – para abordar el desarrollo de instrumentación espacial miniaturizada para exploración planetaria. Con Marte como destino final, se presenta una apuesta tecnológica ya consolidada, que ha demostrado su capacidad para conseguir instrumentos de reducidas dimensiones, ultra-bajo consumo, alta autonomía, y elevada funcionalidad. Éstos han sido concebidos para ser los bloques básicos de misiones de muy pequeño tamaño que faciliten el acceso a una ágil exploración planetaria, que posibilite la auténtica observación distribuida sobre la superficie de Marte. Este es uno de los objetivos de la Mars MetNet Precursor Mission (MMPM) que, abanderada por Finlandia, Rusia y España, busca desplegar sobre Marte una red de estaciones meteorológicas para que, mediante la observación in situ, se pueda mejorar la comprensión de su atmósfera y clima.

Las mejoras apuntadas en el desarrollo de instrumentación radican, en parte, en el uso masivo de componentes comerciales. Se ha iniciado un programa de identificación, caracterización y calificación de familias de componentes comerciales en busca de propiciar desarrollos electrónicos más avanzados que los habitualmente al uso. Por otro lado, se quiere minimizar las restricciones ocasionadas por ITAR (International Traffic in Arms Regulations) a fin de que lograr “recurrencia de uso” en la instrumentación desarrollada, y que ésta no esté limitada por el devenir de esta estricta regulación estadounidense hacia el uso de tecnologías críticas (especialmente si se quiere volar en lanzadores rusos y, desde luego, en chinos). El uso de componentes no sujetos a ITAR conlleva además, en general, un abaratamiento de costes y una reducción de plazos de entrega que, a su vez, redundan en un menor tiempo de desarrollo y disminución de riesgos en aspectos de procurement. Además, se ha iniciado el desarrollo propio de microcircuitos integrados de señal mixta (análogo/digitales) de uso espacial para personalizar aspectos críticos de diversas aplicaciones. Estos vienen siendo desarrollados por el Instituto de Microelectrónica de Sevilla, centro mixto entre la

Universidad de Sevilla y el Centro Nacional de Microelectrónica de Sevilla del CSIC.

Todo esta estrategia se presentará en torno a tres casos particulares: un magnetómetro/gradiómetro con acelerómetro (3 ejes en ~ 50 gramos); un sensor de irradiancia solar espectral (26 canales UV-VIS-IR en ~ 90 gramos); y un enlace de comunicaciones ópticas difusas. Se han desarrollado para la MMPM, si bien van encontrando aplicación en otros entornos como el módulo de descenso y aterrizaje de la ESA (EDM - Exomars 2016) y en una futura misión de cooperación con China (globo atmosférico a desplegar en Marte en 2014 / 2016).

COMUNICACIONES PRINT-ONLY

Atmósferas planetarias: la Tierra y el sistema solar

B.González-Merino, E. Palle, P. Montañés-Rodríguez

e-mail: bgmerino@iac.es

Instituto Astrofísico de Canarias, 38200, La Laguna, Tenerife

Dentro de nuestro grupo en el IAC, estamos recopilando observaciones de todas las atmósferas del sistema solar a alta resolución espectral, incluyendo la Tierra a través del earthshine.

El estudio de la atmósfera terrestre a través del earthshine proporciona información sobre el albedo del planeta. Su observación continuada ofrece la posibilidad de conocer su evolución a lo largo del tiempo, pudiendo con ello mejorar los modelos radiativos con los que se cuenta hasta la fecha. Además permitiría aumentar la información que se tiene sobre la influencia del cambio climático en el albedo terrestre, y a su vez el papel que juega éste y su evolución en el incremento de la temperatura. De los espectros obtenidos de estas observaciones también se podrá recopilar información para la identificación de las posibles huellas que deja en él la vida. De esta manera cuando se estudie el espectro perteneciente a un exoplaneta, se podrán buscar dichas huellas con el fin de encontrar vida de características similares a la que existe en la Tierra.

Por otro lado, el estudio de los espectros perteneciente a los diferentes planetas y lunas que conforman el Sistema Solar, a muy alta resolución espectral, permitirá elaborar un catálogo muy completo de la composición y líneas espectrales de cada uno de ellos. Debido a la variedad presente en los cuerpos planetarios del Sistema Solar, exploraremos un amplio rango de composiciones y temperaturas. Esta información podrá ser luego aplicada a las observaciones de planetas extrasolares, lo que facilitará la interpretación y el conocimiento de los elementos que los forman.

Indicios de detección de capas metálicas de la mesosfera terrestre en espectros del *Earthshine*

J. D. Carrillo¹, P. Montañés-Rodríguez²

¹Universidad de La Laguna, Facultad de Física, Avda. Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 3800, La Laguna (Tenerife)

²Instituto de Astrofísica de Canarias, departamento de investigación, 38200, La Laguna (Tenerife)

La presencia de capas metálicas en la alta atmósfera terrestre es bien conocida desde hace décadas. Estas capas están situadas en la mesosfera, a unos 80 km de la superficie y tienen un espesor de unos 20 km. Esta zona entre la estratosfera y la termosfera es de difícil acceso y debido a las pocas medidas existentes continua siendo la parte menos explorada de la atmósfera terrestre. En la mesosfera se han observado capas de metales alcalinos tales como Na, K, Fe and Ca. La mayor fuente de metales en la alta atmósfera es la abrasión de material meteorítico procedente del espacio (~7-250 toneladas diarias). Höffner et al.⁽²⁾, muestran como las densidades metálicas aumentan en la mesosfera justo después de lluvias de meteoritos. En concreto, la vaporización meteórica es la fuente principal de la capa de átomos de sodio neutro que ocurre globalmente en la parte más alta de la mesosfera y la más baja de la termosfera (MLT) (Plane, 2003). En este trabajo se estudia la posibilidad de detección de la capa de sodio y otras capas metálicas relacionadas con vaporización meteórica (Na, K, Fe and Ca) en el espectro global de reflexión de la Tierra. El espectro terrestre ha sido obtenido a partir de observaciones de la luz reflejada por la Tierra en el lado nocturno lunar mediante la técnica del *earthshine* ⁽⁶⁾. Este método permite una medida directa del espectro de reflexión a escala planetaria, sin prácticamente resolución espacial ⁽³⁾. Varios espectros de rendija larga, tomados con ALFOSC, en el telescopio NOT del Observatorio del Roque de Los Muchachos, han sido analizados. Los espectros se obtuvieron en junio de 2006 y cubren la región espectral del visible y el infrarrojo cercano.

La técnica de observación, de manera similar a lo expuesto en Montañés-Rodríguez et al.⁽⁴⁾, consistió en ir alternando la toma de espectros del lado oscuro y del lado brillante de la luna durante una noche de observación. El espectro del lado brillante contiene el espectro solar más las líneas telúricas impresas por la atmósfera local. El espectro del lado oscuro de la luna contiene el espectro solar

reflejado por la Tierra y con ello las huellas de la atmosfera diurna terrestre, más las líneas telúricas locales.

En todos los casos se observó de forma simultánea el cielo adyacente colocando parte de la rendija en el cielo y parte en la luna. De este modo se ha podido realizar una corrección apropiada de la luz dispersada por la capa atmosfera situada sobre el observatorio. El método de reducción y análisis de datos es similar al llevado a cabo en Montañés-Rodríguez et al. (4). Una vez extraídos los espectros, el espectro de reflexión de la Tierra se determinó a partir del cociente entre el espectro del lado oscuro y el espectro del lado brillante, con ello la señal del espectro solar quedó minimizada, como lo demuestra el pequeño residuo en la línea de solar de H α . Hasta el momento se han obtenido resultados positivos sólo en la detección del NaI, aunque se continúan investigando otras líneas de interés, señaladas en la Figura 1, para noches posteriores a lluvias de meteoritos.

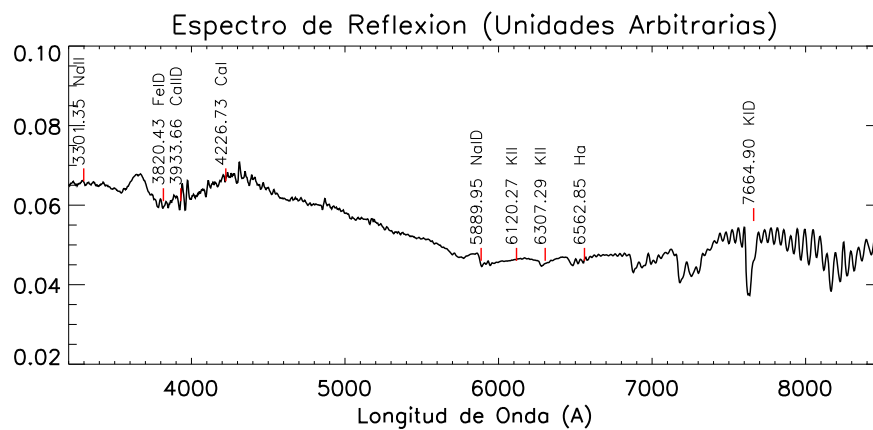


Figura 1. Promedio del Espectro de reflexión de la Tierra obtenido a partir de la observación de los lados oscuro y brillante de la luna en junio de 2006. Las líneas metálicas señaladas están siendo investigadas para esta y otras noches.

Referencias

1. Fan, Z. Y., Plane, J. M. C., Gumble, J., Stegman, J., and Llewellyn, E. J.: Satellite measurements of the global mesospheric sodium layer, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7: 5413-5437, 2007.
2. Höffner, J., and Friedman, J. S.: The mesospheric metal layer topside: a possible connection to meteoroids, *Atmos. Chem. Phys.*, 4: 801-808, 2004.
3. Montañés-Rodríguez, P., Pallé, E., Goode, P. R., Hickey, J., Qiu, J., et al.: The earthshine spectrum, Elsevier (available on line at www.sciencedirect.com), 2003.
4. Montañés-Rodríguez, P., Pallé, E., Goode, P. R., Hickey, J., and Koonin, S. E.: Globally integrated measurements of the Earth's visible spectral albedos, *The Astrophysical Journal*, 629, 2005.
5. Montañés-Rodríguez, P., Pallé, E., and Goode, P. R.: Vegetation signature in the observed globally integrated spectrum of Earth considering simultaneous cloud data: applications for extrasolar planets, *The Astrophysical Journal*, 651: 544-552, 2006.
6. Qiu, J., Goode, P.R., Palle, E., et al. Earthshine and the Earth's albedo I: Earthshine observations and measurements of the lunar phase function for accurate measurements of the Earth's bound albedo. *Journal Geophysical Research* 108 (D22), 4709, 2003.

Espectroscopía de meteoroides mediante sistemas CCD de alta sensibilidad

J.M. Madiedo¹ y J.M. Trigo-Rodríguez²

e-mail: madiedo@uhu.es

¹ Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva, 21071, Huelva

² Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC-IEEC), Campus UAB, Fac. Ciencias C5, Bellaterra, Barcelona.

En el medio interplanetario existen multitud de partículas (llamadas meteoroides) producidas en la degradación de superficies de asteroides, cometas e incluso planetas. La Tierra al orbitar alrededor del Sol las intercepta constantemente, aunque la atmósfera actúa como un escudo que impide que la mayoría de ellas lleguen a la superficie terrestre. La razón estriba principalmente en que estas partículas colisionan con la atmósfera a grandes velocidades (entre 11,2 km/s y 72,8 km/s), por lo que sufren un brusco choque con las moléculas presentes en la estratosfera que da lugar a un súbito calentamiento de la superficie del meteoroides hasta temperaturas de varios miles de grados centígrados. De esta forma, una fracción importante de la energía cinética del meteoroides se transforma en luz y calor, produciendo el fenómeno luminoso conocido como meteoros. El registro y análisis del espectro de emisión correspondiente proporciona información muy valiosa sobre la composición química de estos meteoroides y, por tanto, permite también aportar importantes claves sobre la composición química de sus cuerpos progenitores (fundamentalmente asteroides y cometas). Precisamente nuestro grupo fue pionero en la obtención de abundancias químicas en columnas meteóricas y los resultados obtenidos mostraron que eran representativas de la composición de las partículas incidentes y sus cuerpos progenitores respectivos ⁽¹⁻³⁾.

La Red Española de Investigación sobre Bólidos y Meteoritos (SPMN) dispone en la actualidad de 25 estaciones de detección de meteoros que operan de manera continua desde distintos puntos del país. Uno de los principales sistemas utilizados por la Red se basa en cámaras de vídeo CCD de alta sensibilidad, que son capaces de alcanzar la magnitud estelar +4 con un tiempo de exposición de 1/50 segundos. Algunas de estas cámaras llevan acopladas redes de difracción holográficas (entre 600 y 1000 líneas/mm) con el fin de registrar espectros de emisión de meteoros ⁽⁴⁾. Estos dispositivos, que permiten registrar la evolución temporal del espectro de meteoros cuya magnitud de brillo es superior -6, ya han

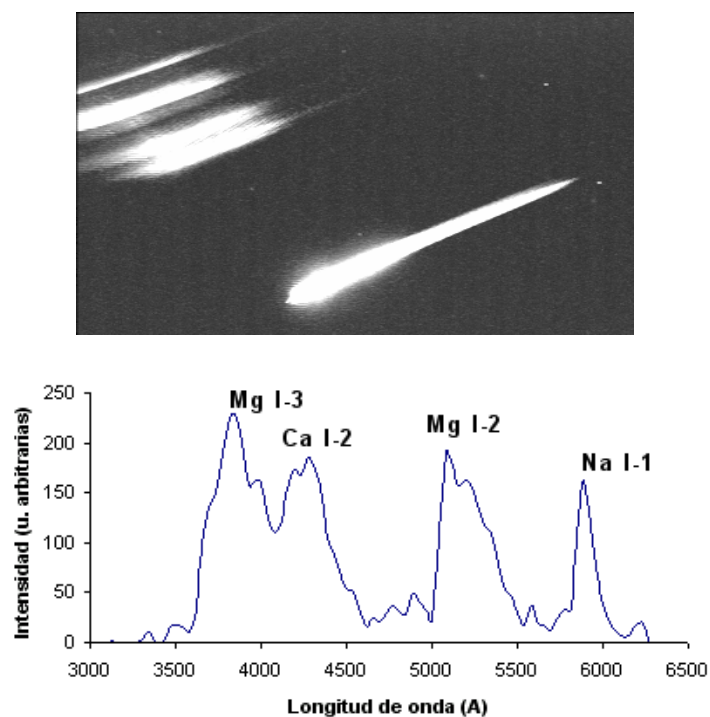


Figura 1. Imagen compuesta, integrada a toda la trayectoria, de bólido esporádico registrado el 5 de octubre de 2010 a las 3h50m08.2 \pm 0.1 s UT desde la estación de detección de La Hita (a) junto con su espectro de emisión (b).

demostrado ser muy útiles a la hora de analizar la composición química de estas partículas de materia interplanetaria ⁽⁵⁾.

Recientemente desde la Red SPMN se ha desarrollado un software que permite analizar espectros de emisión de meteoros registrados por los sistemas vídeo CCD, identificando las principales líneas de emisión. Los espectros deben calibrarse previamente con el fin de tener en cuenta la respuesta de la cámara a distintas longitudes de onda. Esta calibración la realiza el software de manera automática en base a la respuesta espectral proporcionada por el fabricante del sensor CCD. Cada

Cada una de las estaciones de detección de meteoros que utiliza estas cámaras CCD provistas de redes de difracción registra en la actualidad un promedio de unos 5 espectros al mes por cada cámara CCD. La figura 1 muestra el espectro de emisión de un bólido esporádico de magnitud absoluta -6 registrado el 5 de octubre de 2010 a las 3h50m08.2 \pm 0.1 s UT desde las estaciones de Sevilla y La Hita (Puebla de Almoradiel, Toledo). Las líneas más prominentes corresponden a Na I-1 (589.5 nm), Mg I-2 (518.3 nm), Mg I-3 (383.8 nm) y Ca I-2 (422.6 nm).

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Fundación AstroHita el apoyo prestado para la implantación y operación de la estación de detección de meteoros del Observatorio Astronómico de La Hita.

Referencias

1. J.M. Trigo Rodríguez. Tesis doctoral, Universitat de València: <http://tinyurl.com/9cnbd> (2002)
2. J.M. Trigo-Rodríguez et al. *Meteoritics & Planetary Science* 38, n. 8, 1283-1294 (2003).
3. J.M. Trigo-Rodríguez, J. Llorca y J. Fabregat *Mon. Not. R. Astron. Soc* 348, 802-810 (2004).
4. J.M. Madiedo y J.M. Trigo-Rodríguez *Earth, Moon, and Planets* 102, 133-139 (2007).
5. J.M. Trigo-Rodríguez, J.M. Madiedo y I.P. Williams. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 392, 367–375 (2009).

Una revisión de la caracterización de los sensores usados en teledetección terrestre y planetaria

A. Calle

e-mail: abel.calle@fa1.uva.es

Departamento de Física Aplicada. Universidad de Valladolid.

La utilización de imágenes, procedentes de sensores de exploración terrestre y planetaria, exige el conocimiento preciso de los parámetros electro-ópticos asociados a las cámaras. Los proveedores de imágenes hacen referencia a una resolución espacial de x metros y la disponibilidad de una banda en λ micras; sin embargo hay una gran confusión a la hora de interpretar estos valores para obtener medidas radiométricas de calidad. Una llamada de atención a la precisión, sobre los parámetros electro-ópticos que deben conocerse para comparar dos sensores, la realiza Joseph⁽¹⁾ en una comunicación abierta, como presidente de la Comisión Técnica, Sensors, Platforms and Imagery, del ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing). En este trabajo se presenta una revisión de las principales magnitudes asociadas a la caracterización espacial, radiométrica, espectral y temporal. Todos los parámetros mencionados en este abstract son explicados en el trabajo final y se realizará un análisis numérico sobre un sensor de observación de la tierra (Thematic-Mapper) y otro de observación planetaria (Mars Express-HRSC).

Existe cierta confusión en la definición de resolución espacial, como la dimensión del objeto más pequeño que se puede discernir en una imagen. Tal definición resulta insuficiente si no se establece el contraste ni se precisa la dimensión del píxel del que procede la radiancia⁽²⁾; la caracterización espacial requiere manejar diferentes parámetros que no deben ser tomados como sinónimos: IGFOV (Instantaneous Geometric Field of View), GSD (Ground Sampling Distance) e IFOV (Instantaneous Field of View). La imagen formada por el objeto, sobre el plano focal sufre una importante degradación debido a varios factores: difracción del sistema óptico, limitación del detector, influencia de los circuitos eléctricos y la interacción de la radiación con la atmósfera. Por ello, la función más importante para establecer la resolución espacial⁽³⁾ es la MTF (Modulation Transfer Function) en el dominio de las frecuencias, y la PSF (Point Spread Function) en el dominio espacial. La recomendación de la NASA⁽⁴⁾ para establecer un concepto de resolución espacial, está basada en estas funciones. Precisamente el valor de MTF en la frecuencia de Nyquist es una figura de mérito de los sensores.

La determinación de propiedades a partir de la reflectancia o temperatura, donde la superficie exhibe discontinuidades, debe realizarse en un intervalo espectral localizado, y con bandas que no superen un valor umbral de anchura. Esta afirmación está clara; sin embargo no existe una definición clara de anchura espectral efectiva ($\Delta\lambda$) y lo más importante, la longitud de onda representativa, λ_c . La SRF (Spectral Responsivity Function) contiene la información necesaria para interpretar el contenido radiométrico de la señal observada pero existen diferentes métodos con sus ventajas e inconvenientes para caracterizarla⁽⁵⁾; un método muy extendido es el FWHM (Full-Width at Half-Maximum) sin embargo, es impreciso cuando se aplica a funciones SRF asimétricas. La técnica de normalización radiométrica del ancho de banda (Radiometric bandwidth normalization), consiste en asignar, a un sensor con SRF conocida, una función equivalente cuadrada con un valor de respuesta constante, R_n . Por otra parte, el tipo de telescopio usado por la cámara también contribuirá a introducir diferentes aberraciones en las bandas⁽⁶⁾.

Otro concepto que, frecuentemente, se maneja con imprecisión es la resolución radiométrica, entendida, de forma insuficiente como el número de bits que usa un sensor para estratificar la medida física de la radiancia ($W/m^2/\mu m/sr$). Mucho más precisa es la caracterización radiométrica de un sensor a través de la temperatura/reflectancia diferencial equivalente en ruido $NE\Delta T/NE\Delta\rho$ (Noise Equivalent differential Temperature/Reflectance), que a su vez, depende del valor SNR (Signal to Noise Ratio), del rango dinámico en que se establece la saturación y del número de bits de cuantificación. Es habitual encontrar la referencia del parámetro SNR en las características de los sensores por parte de los fabricantes; sin embargo, se alcanzan valores elevados de SNR gracias a dispositivos externos como el TDI (Time Delay and Integration).

El concepto de resolución temporal suele ser el que presenta menor confusión de los cuatro aspectos tratados aquí; aunque debe matizarse. La resolución temporal o ciclo de repetición especifica el tiempo que tarda un sensor en volver a cubrir una localización determinada manteniendo la geometría de visión que establece el ancho de barrido (conocido en inglés como *swath*). Los sensores con capacidad de apuntamiento aminoran el tiempo de retraso en disponer de una captura sobre cualquier lugar (tiempo de revisita). Resolución temporal y tiempo de revisita no debieran ser usados como sinónimos puesto que las imágenes obtenidas mediante el ciclo natural de repetición conservan la misma geometría de visión, de forma que las variaciones radiométricas provocadas por la función BDRF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) son mínimas.

Como conclusión, y para buscar una expresión analítica que englobe todos los factores mencionados, puede encontrarse un índice relativo de calidad RQI (Relative Quality Index)⁽⁷⁾ que permite comparar un sensor con otro cuyas características sirven de referencia.

Referencias

1. Joseph, G., 2000. How well do we understand Earth observation electro-optical sensor parameters? *Remote Sensing of Environment*, 55, 9-12.
2. Cracknell, A.P., 1998. Review article. Synergy in remote sensing: what's in a pixel?. *International Journal of Remote Sensing*, 19, (11), 2025-2047.
3. Markham, B.L. 1985. The Landsat Sensors Spatial Responses. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-23, (6), 864-875
4. NASA SP 335, 1973. Advanced scanners and imaging systems for earth observation. Working Group Report, NASA/GSFC.
5. Palmer, J.M., 1984. Effective Bandwidths for Landsat-4 and Landsat-D Multispectral Scanner and Thematic Mapper Subsystems. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22, (3), 336-338.
6. Cawthorne, A., Purll, D. and Eves, S. 2008. Very high resolution imaging using small satellites, 6th Responsive Space Conference, April 28-May, 1, 2008. Los Angeles, CA.
7. Larson, W. and Wertz, J.R. (Eds.). 1999. *Space Mission Analysis and Design*. 3rd Ed. Space Technology Library Published jointly by Microcosm Press and Kluwer Academic Publishers.

Profundidad de falla y flujo térmico en Mercurio.

Isabel Egea-González¹, Javier Ruiz², Carlos Fernández³, Jean-Pierre Williams⁴, Álvaro Márquez⁵, Luisa M. Lara¹

e-mail: isaagea@iaa.es

¹ Instituto de Astrofísica de Andalucía. CSIC. Glorieta de la Astronomía sn, 18008 Granada, Spain

² Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain

³ Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva, Campus de El Carmen, 21071 Huelva, Spain

⁴ Department of Earth and Space Sciences, University of California, Los Angeles, CA 90095, USA

⁵ Área de Geología, Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, Spain

Los escarpes lobulados son las estructuras tectónicas más relevantes existentes en Mercurio. Su morfología y la deformación producida en la intersección con otras estructuras indican que los escarpes constituyen la expresión en superficie de fallas inversas (1) formadas por el enfriamiento y contracción del planeta. Estas grandes fallas atraviesan la superficie hasta alcanzar la transición dúctil-frágil, lo que permite obtener información de las propiedades mecánicas y térmicas de la litosfera (2, 3). En este trabajo, la aplicación de un procedimiento “hacia adelante”(4) nos ha permitido obtener la profundidad de falla de tres escarpes para los que se dispone de perfiles topográficos (5). El procedimiento nos proporciona un perfil topográfico tras especificar una serie de parámetros (ángulo de buzamiento, profundidad de falla, desplazamiento, constantes elásticas, etc.) que sirven como punto de partida (2, 6). La comparación entre este perfil modelado y el real nos permite obtener un rango estrecho de ángulos de buzamiento, desplazamientos y profundidades de falla válidos para cada falla. La Figura 1 muestra el mejor ajuste en dos de los escarpes estudiados y se indica la geometría de falla obtenida. Nuestros resultados proporcionan una profundidad de falla de 30-39 km, lo que concuerda con los obtenidos previamente por otros autores (2, 3, 7) en diferentes localizaciones. Esto podría indicar una profundidad de transición homogénea en el momento de formación de los escarpes, aunque hay que tener en cuenta que los escarpes pudieran no ser contemporáneos. En ese caso, nuestros resultados no se corresponderían con la profundidad de transición dúctil-frágil en un mismo instante. Como los esfuerzos diferenciales dúctil y frágil se igualan en la profundidad de transición, podemos calcular la temperatura a esta profundidad y, a partir de aquí, el flujo térmico en la superficie en el momento en el que se formó la falla (8, 9, 10). En el cálculo de flujos térmicos hemos incluido las primeras medidas de concentraciones de elementos radiactivos realizadas por MESSENGER(11) y la distribución heterogénea de temperatura en la superficie (12). Nuestros cálculos proporcionan un flujo térmico de 19-39 mW m⁻². En la Figura 2 se muestra el flujo térmico en superficie en función de la profundidad de

transición, de la tasa de deformación ($\dot{\epsilon}$) y del calor generado por los elementos radiactivos en la corteza (H). Estos resultados son consistentes con las predicciones realizadas por los modelos de historia térmica (13, 14) en el periodo de formación de los escarpes.

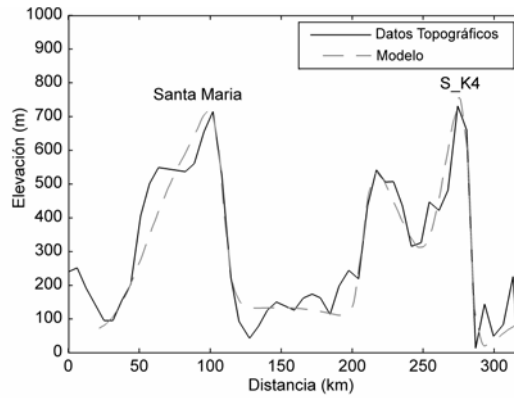


Figura 1. Mejor ajuste de los perfiles topográficos de los escarpes Santa María Rupes y S_K4 (calculado mediante el error RMS). En el caso de Santa María Rupes, el modelo se corresponde con una falla de 31° de ángulo de buzamiento, un desplazamiento de 1 km u una profundidad de 38 km. El S_K4 se corresponde

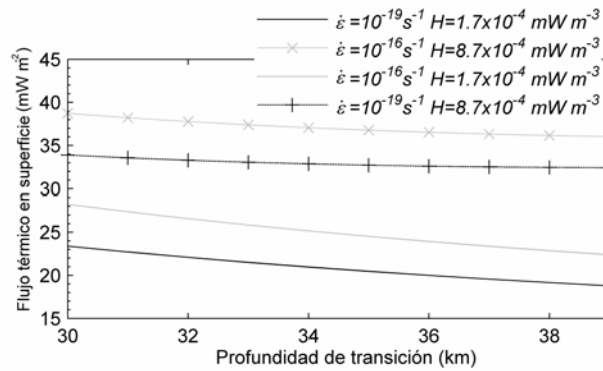


Figura 2. Flujo térmico en la superficie en función de la profundidad de transición dúctil-

Referencias

1. Strom, R. G., Trask, N. J., Guest, J. E. J. *Geophys. Res.* 80, 2478-2507 (1975).
2. Watters, T.R., Schultz, R.A., Robinson, M.S et al. *Geophys. Res. Lett.* 29, 10.1029/2001GL014308 (2002).
3. Nimmo, F., Watters, T.R.. *Geophys. Res. Lett.* 31, 10.1029/2003GL018847(2004).
4. <http://earthquake.usgs.gov/research/modeling/coulomb/>
5. Harmon, J.K., Campbell, D.B., Bindschadler, D.L. et al. *J. Geophys. Res.* 91, 385-401 (1986).
6. Ruiz, J., Fernández, C., Gomez-Ortiz, D. et al. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 270, 1-12 (2008).
7. Ritzer, J.A., Hauck, S.A., Barnouin, O.S. et al. *Lunar Planet. Sci. Conf.* 41st. Abstract 1533 (2010).
8. Ranalli, G. *Geol. Soc. Spec. Pub.* 121, 19-37 (1997).
9. Ruiz, J., McGovern, P.J., Tejero, R. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 241, 2-10 (2006).
10. Ruiz, J., Williams, J.P., Dohm, J.M. et al. *Icarus* 203, 47-57 (2009).
11. Peplowski, P.N., Evans, L.G., Blewett, D.T. et al. *Lunar Planet. Sci. Conf.* 42nd. Abstract 2290 (2011).
12. Vasavada, A. R., Paige, D. A., Wood, S. E. *Icarus* 141, 179-193 (1999).
13. Hauck, S.A., Dombard, A.J., Phillips, R.J. et al. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 222, 713-728 (2004).
14. Williams, J.P., Ruiz, J. et al. *J. Geophys. Res.*, 116, E01008, doi: 10.1029/2010JE003655 (2011).

Estudio morfométrico e hidráulico de canales de escorrentía en Marte

A. Molina¹ y M. A. de Pablo²

e-mail: a.molina@csic.es

¹ Departamento de Planetología y Habitabilidad, Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). INTA. 28850 Torrejón de Ardoz. Madrid, España.

² Departamento de Geología, Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares. Madrid, España.

Son muchos los artículos que tratan el tema de los canales de escorrentía en Marte, desde muy distintos puntos de vista y a partir de una gran diversidad de datos. Pero debido al constante aumento en el número y calidad de los datos que continuamente nos están llegando de Marte, se considera de gran interés volver a utilizar los diferentes métodos presentes en la bibliografía. Así se analizan de nuevo algunos de estos canales; así como otros nuevos que hasta ahora no había sido posible debido a la ausencia de datos con suficiente calidad. Esto permite comparar los resultados con los obtenidos por otros investigadores y a su vez comparar los canales entre ellos, tanto en su naturaleza, como en la aplicabilidad de los diferentes métodos utilizados. El objetivo último es establecer una metodología útil que permita estudiar los canales de todo el planeta.

Las zonas elegidas son Licus Vallis (1), Meridiani Planum (2) y Warrego Valles (3) (Figura 1). Se seleccionaron por su disposición, encontrándose en longitudes cercanas a (2) los 0°, (3) los 90°W y (1) los 120°E. Por otro lado, los canales también se encuentran en diferentes posiciones respecto a la dicotomía: un canal (1) se encuentra desembocando directamente en ella, (2) otro en una zona más alejada (donde la dicotomía presenta un gradiente de elevaciones más moderado) y el último (3) se localiza bastante alejado de la misma, en la ladera de una altiplanicie.

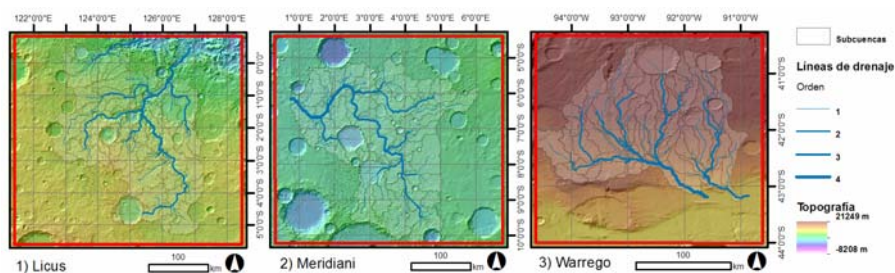


Figura 1. Subcuencas y líneas de drenaje calculadas para los canales de (1) Licus, (2) Meridiani y (3) Warrego sobre topografía MOLA y sombreado HRSC y MOLA.

Los datos del sensor HRSC proveen de imágenes y modelos digitales del terreno de alta resolución y considerable cobertura, por lo que son los usados para este estudio, junto con la topografía de MOLA como fuente alternativa y validadora de los resultados. El procesado

de datos se realiza básicamente mediante un Sistema de Información Geográfica (*ArcGIS*) y sus scripts (ej. *ArcHydro* ⁽¹⁾); así como una hoja de cálculo de Excel que hemos diseñado ex profeso para los cálculos de hidráulica (*HydraMars*).

El estudio morfométrico consiste en la delimitación de las cuencas y subcuencas, así como de la red de drenaje de cada uno de los canales, sobre la que se aplicarán distintos parámetros de relieve (elevación máxima mínima y media, amplitud de elevación, pendiente, orientación y coeficiente de masividad), topológicos (orden de la cuenca y razón de bifurcación), de longitud de cauces (longitud del cauce principal y de cada orden de corriente y sinuosidad del cauce) y de forma (coeficiente de compacidad, coeficiente de forma y relación de elongación). Además se realizan perfiles longitudinales de cada canal y sus cauces, así como curvas hipsométricas. Por otro lado, el estudio hidráulico se realiza para tres tramos a lo largo de cada canal, a partir de cinco perfiles cuidadosamente trazados en cada zona, y un nivel de la lámina de agua definido por la morfología del canal en cada punto; utilizando las ecuaciones de Chézy ⁽²⁾, Darcy-Weisbach ⁽²⁾ e Irwin ⁽³⁾.

El método que ha sido utilizado en este proyecto, permite conocer múltiples aspectos de estos canales, como son su estado de equilibrio, su forma o los caudales que pudieron circular por ellos. Los canales estudiados presentan parámetros morfométricos similares a los de las redes y cuencas fluviales terrestres, exceptuando en algunos casos, como la densidad de drenaje o el coeficiente de compacidad, donde se encuentran dentro del rango que podría darse en la Tierra para zonas áridas. Esto, unido a que los perfiles de equilibrio estudiados, mediante perfiles topográficos y curvas hipsométricas, indican que los canales son maduros en sus tramos medios y bajos, habiendo necesitado por tanto un flujo continuado para su formación. Los valores de caudal calculados también se encuentran dentro de un rango aceptable (en torno a 5.000 m³/s). Todo ello parece indicar que estos canales tienen una naturaleza similar a la de los canales fluviales terrestres, y que pudieron haberse formado por la acción de una escorrentía abundante y continuada durante periodos relativamente largos de tiempo, o varios periodos de más corta duración. Dada la configuración de la red, este flujo pudo proceder de precipitaciones superficiales ⁽⁴⁾. En el caso de Warrego Valles, la direccionalidad de la red también podría apuntar a una fuente subterránea ⁽⁴⁾. Sin embargo queda por determinar cómo pudo mantenerse un flujo de esta magnitud el tiempo suficiente para formar morfologías de estabilidad y alto desarrollo.

Referencias

1. <http://www.crrw.utexas.edu/gis/archydrobook/ArcHydro.htm>
2. V. Te Chow Open Channel Hydraulics, McGraw Hill Book Co (1986).
3. Irwin, R.P.; Craddock, R.A.; Howard, A.D. En: River Confluences, Tributaries and the Fluvial Network. JohnWiley & Sons, 419-452 (2008).
4. Forget, F.; Costard, F.; Lognonné, P. Planet Mars, Story of another world. Springer – Praxis (2008).

The Noachian-Hesperian paleoenvironmental conditions studied in Ophir Chasma, Valles Marineris.

A. Molina¹, D. C. Fernández-Remolar¹, y M. A. de Pablo²

e-mail: a.molina@csic.es

¹Departamento de Planetología y Habitabilidad, Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). INTA. 28850 Torrejón de Ardoz. Madrid, España.

²Departamento de Geología, Universidad de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares. Madrid, España.

The recent data from early Mars suggest that the presence of liquid water occurred in two main possible episodes, associated to different deposits in distribution and mineral composition ⁽¹⁾. One of these deposits are characterized by abundant clay associated with generation of chlorides and iron oxides, which formed during the early Noachian. That first “wet” episode would have ended as a consequence of a global cooling resulting from a progressive loss of the atmosphere. Following this episode, the release of gas volatile by the volcanic activity of Tharsis bulge during the late Noachian to Hesperian probably induced the recovery of Martian hydrosphere which come together with the precipitation of extensive deposits of acidic sulfates. Having this in mind, our work is focused on astrobiological implications for the transition between the early Noachian and the Noachian-Hesperian ages (4.6 - 3.7 Ga), when there is a marked paleoenvironmental evolution of the Martian surface ⁽¹⁾. Our ultimate goal is to understand, by using the geomorphologic and stratigraphic record, how the Mars Global Climate Change (MGCC) have been impacted in the emergence, destruction and distribution of potential habitats for being used by an emerging biosphere in Mars.

The existence if early to middle Noachian deposits inside the large structure of the Valles Marineris suggests that predate the MGCC ⁽²⁾. As a consequence, this area can be considered as a paradigmatic location to study the sediments deposited during early Mars ages. We have conducted our preliminary research in Ophir Chasma (3° 50' S; 74° 00' W), an interesting canyon in the north of Valles Marineris, which contain an intriguing layered structure in its interior. The interior of Valles Marineris shows similar layered structures forming the so-named Interior Layered Deposits (ILD) ⁽³⁾. The presence of hydrated minerals in the ILDs, e.g. polysulfates as kieserite, has been determined by the use of spectral data from TES, OMEGA and CRISM instruments ⁽⁴⁾. However, the ILD origin is not clear and multiple hypotheses have been proposed: aeolian, lacustrine, mass wasting, glacial, volcanic or even a combination of them ⁽⁵⁾. The prevalent role of wind activity, as a forming and shaping agent on Mars is undeniable. In this sense, the HiRISE images show small dune fields and accumulations of sediment in the vicinity of ILD at this point (which also can be slope debris). Moreover, the presence of long-term aeolian-derived landforms, as yardangs ⁽⁵⁾, indicates that the aeolian activity can be traced back in the last million of years. However, the ILD deposition is dated as late as just after the Valles Marineris opening, that took place during the early Hesperian ⁽⁶⁾ under very different Mars

paleoenvironmental conditions. In this sense, some authors have suggested that they would be originated even in earlier times, as deposits which have been infilling pre-Hesperian crater basins that would predate the canyon extension (7). This hypothesis, as glacial and lacustrine, is only compatible with a pre-Hesperian “wet” period which would favor sedimentation under wet and warm conditions. Volcanic hypothesis is less suitable with actual data, but it must also be taken into account.

Our purpose is matching multiple data into a GIS and obtaining accurate geomorphological cartography and stratigraphic sections of specific sites of interest into Ophir Mensa, but also, in other areas inside Valles Marineris. We mainly use images from HiRISE, HRSC and THEMIS instruments, HRSC-derived high-resolution topography, thermal data from THEMIS-IR images, and spectrographic information and its derived products from CRISM instrument. This would be followed by the study of other areas inside Valles Marineris, which would be stratigraphically correlated to determine the paleoenvironmental information enclosing essential data for the astrobiology of Mars.

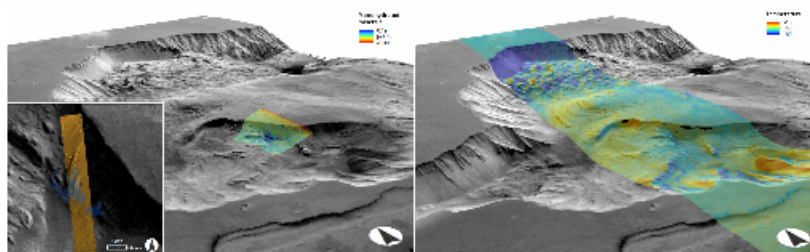


Figure 1. Perspectives views of east Ophir Chasma from HRSC visible image and derived topography. On the left a CRISM derived image for monohydrate minerals is overlapped and a detailed view of a derived contour (blue shape) over a HiRISE image. The overlapping image on the right is a THEMIS-derived temperature image.

Figure 1 shows some of our results regarding to mineral distribution in the Ophir Chasma Noachian deposits. In the CRISM-derived image (left) it is possible to observe outcrops bearing monohydrated minerals, which combined with the HiRISE image of this area can give essential information about the stratigraphy of the Noachian in Ophir. The map of surface temperature (right) give some data of thermal inertia that is inherent to the mineralogy. Differences in thermal inertia of the Ophir outcrops are described as one of the most diverse in the planet (8), which is an indication of a high mineral diversity. We expect to achieve our objectives combining information as has been described above.

References

1. J.-P. Bibring, Y. Langevin, J. F. Mustard et al. *Science* 312, 400-404 (2006).
2. S. Murchie, L. Roach, F. Seelos et al. *J.Geophys.Res.*, 114 (2009).
3. S. S. Nedell, S. W. Squyres and D. W. Andersen. *Icarus*, 70 (3), 409-414 (1987).
4. A. Gendrin, N. Mangold, J.-P. Bibring et al. *Science* 11, 307 (5715), 1587-1591 (2005).
5. M. Chojnacki, B. M. Jakosky and B.M. Hynek *J. Geophys. Res.*, 111, E04005 (2006).
6. B. M., Hynek, R. J. Phillips and R. E. Arvidson *J. Geophys. Res.*, 108, E95111 (2003).
7. M. C. Malin and K. S. Edgett *Science*, 290, 1927-1937 (2000).
8. B. M. Jakosky and M. T. Mellon *J. Geophys. Res.*, 106, 23887-23908 (2001).

Relieves glaciares en el flanco Noroeste del volcán Hecates Tholus, Marte. Análisis y cartografía de imágenes CTX y HiRISE.

M.A. de Pablo¹ y J.D. Centeno²

e-mail: miguelangel.depablo@uah.es

¹Departamento de Geología (PlanetLab). Universidad de Alcalá. 28871 Madrid, España.

²Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid, España.

La existencia, cantidad, distribución o composición del agua en la atmósfera, la superficie y corteza superior de Marte ha sido el objeto de numerosos estudios científicos desde el comienzo de la exploración de Marte ^(1,2). El descubrimiento de los lechos de antiguos canales, lagos, mares y océanos, y los evidentes casquetes glaciares evidenciaban la existencia de agua en el pasado geológico del planeta y daban una idea del importante papel que le agua y, en concreto, los glaciares jugaron en el modelado de la superficie de Marte ^(1,2, 3, 4, 5). A medida que las misiones han ido enviando datos de mejor resolución y más variados (espectrometría, topografía, etc.) se han ido haciendo patente que estos rasgos eran mucho más frecuentes de lo inicialmente supuesto. Éste es el caso, por ejemplo, de los glaciares. Las imágenes de más alta resolución están permitiendo descubrir rasgos de origen glaciar, similares a los que se pueden observar en distintas regiones de la Tierra. Un ejemplo de ello son las imágenes CTX y HiRISE, instrumentos de la misión Mars Reconnaissance Orbiter de NASA, de 6 y 0.35 metros/píxel de resolución, respectivamente. Este tipo de imágenes están permitiéndonos, por ejemplo, reconocer rasgos glaciares en el flanco Noroeste del volcán Hecates Tholus (32.5°N, 148.8°E). Algunos de ellos no eran visibles dado su tamaño, y otros, que ya habían sido reconocidos y estudiados, han podido ser estudiados con mucho más detalle.

Las imágenes HiRISE y CTX nos han permitido, (a) mejorar la descripción e interpretación de éstas morrenas, (b) localizar nuevos rasgos de origen glaciar como: valles glaciares, aristas, seracs, rimayas, bloques erráticos, kames, o eskers ⁽⁶⁾ (Figura 1). Muchos de estos rasgos son similares a los que se pueden observar en diferentes regiones de la Tierra, como por ejemplo en la isla Decepción (62.9°S, 60.6°W; Shetland del Sur, Antártida), una isla volcánica parcialmente cubierta de glaciares ⁽⁶⁾. La amplia cobertura de las imágenes CTX nos ha permitido realizar un estudio regional de la distribución de los mismos, y profundizar en la dinámica glaciar en esta región de Marte ⁽⁷⁾. El análisis detallado de este tipo de imágenes (así como de datos topográficos derivados de las imágenes estereoscópicas HRSC) mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) especialmente desarrollado para Marte ha permitido realizar una cartografía geomorfológica detallada de este sector del volcán Hecates Tholus ⁽⁸⁾.

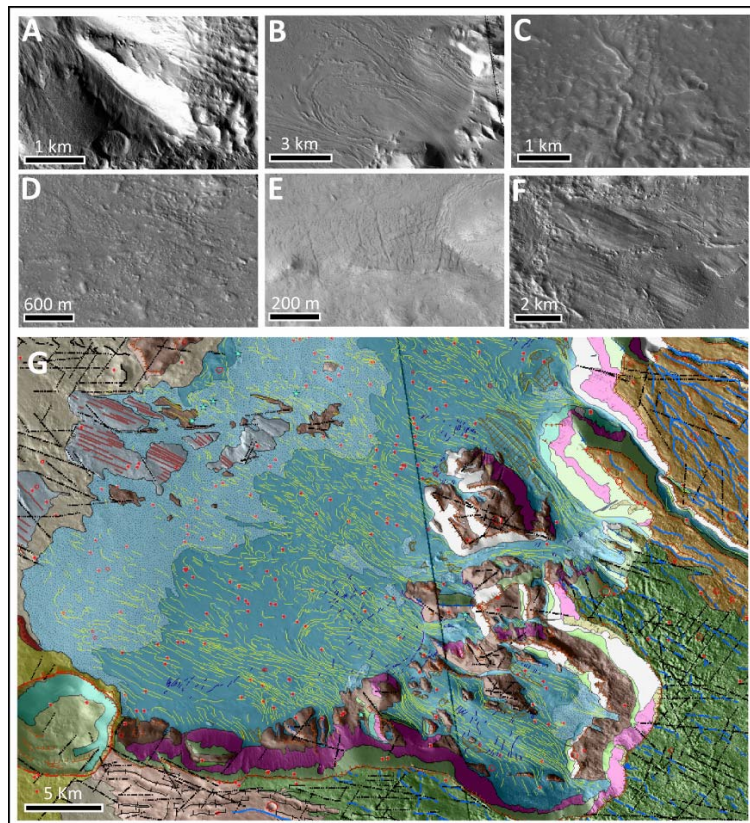


Figura 1. Ejemplos de rasgos glaciares observados en imágenes HiRISE y CTX: A) Valles glaciares y aristas; B) Morrenas; C) Esker; D) Bloques erráticos; E) seracs, y F) acanaladuras; y ejemplo de cartografía geomorfológica desarrollada mediante un Sistema de Información Geográfica (G).

Referencias

1. M. Carr. Cambridge University Press, 2003
2. J.S. Kargel. Praxis Publishing, UK. 557 pp.
3. G. Neukum et. al. Nature, 432. 971-979 (2004).
4. E. Hauber et al. Nature, 434. 356-361 (2005).
5. C.I. Fasset, J.W. Head. Icarus, 189. 118-135 (2007).
6. M.A. de Pablo, J.D. Centeno. LPSC, 42. Abstract #1030 (2011).
7. J.D. Centeno, M.A. de Pablo. LPSC, 42. Abstract #1031 (2011).
8. M.A. de Pablo, J.D. Centeno. Journal of Maps, (submitted).

Exopaleontología en Marte, ¿entelequia o futura realidad?

A.Valenciano¹, J. Morales¹ y M.A. De Pablo²

e-mail: alb3rtovv@gmail.com

¹Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales- CSIC, 28006, Madrid, España

²Departamento de Geología (PlanetLab), Universidad de Alcalá, 28871, Madrid, España

Durante la última década del Siglo XX y principios del siglo XXI se desarrolló una nueva temática paleontológica difícilmente imaginable anteriormente. Nos referimos a la exopaleontología ^(1, 2, 3). Se desarrolló como un modelo aplicable a Marte y se define como una subdisciplina paleontológica, que estudia antiguas biosferas extraterrestres y su evolución, mediante la integración de datos provenientes de la paleontología, bioquímica, geología planetaria, robótica y control remoto. Su estrategia se centra en el estudio de los factores que controlan la fosilización microbiana en la Tierra ⁽³⁾.

Si la vida existió o existe aun en Marte, la estrategia lógica para buscarla es analizar los depósitos sedimentarios y buscar evidencias de materia orgánica fosilizada en ellos ⁽⁷⁾. Pero también se puede inferir la existencia de vida a través de un concepto análogo al de la Tafosfera terrestre ⁽⁸⁾, que es la capa de la Tierra cuya formación se ha realizado en condiciones bióticas. Debido a los numerosos trabajos que recientemente se han publicado sobre tafonomía marciana, astrobiología y exopaleontología ^(1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11), la Tafosfera puede ser muy útil al igual que ocurre en la Tierra ⁽⁸⁾ para suministrarnos un escenario general del conocimiento de la evolución de la vida y su interacción con la litosfera marciana. Al ser un concepto paleontológico-sedimentológico podemos integrar los conocimientos paleontológicos, biológicos, tafonómicos, sedimentológicos y geoquímicos terrestres e inferirlos a facies marcianas que sedimentaron en condiciones similares a las terrestres, para poder buscar vida actual o pasada de organismos análogos a los microorganismos terrestres.

Un ejemplo destacable de una zona exopaleontológica y astrobiológica interesante en Marte es *Nepenthes Mensae*. Se encuentra en el límite entre las Tierras Altas del hemisferio Sur en Terra Cimmeria y las Tierras Bajas del hemisferio Norte en Utopia Planitia. El papel del agua en estado líquido y sólido a lo largo de su historia geológica ha sido muy importante ^(12, 13, 14, 15). *Nepenthes Mensae* podría considerarse como una región de exploración exopaleontológica y astrobiológica interesante debido a: (1) existencia de numerosos depósitos sedimentarios (fig 1), (2) datos espectométricos del sensor Crism ⁽¹⁶⁾ revelan presencia de agua y filosilicatos en la zona y (3) la presencia de hábitats de interés astrobiológico ^(17, 18) (ej. Paleolagos o modelado periglacial). Entre las actuales líneas de investigación astrobiológicas de la Nasa ⁽⁴⁾ se encuentra el estudio de la naturaleza y distribución de los medios habitables en el universo, así como reconocer señales de vida en otros mundos y durante la Tierra inicial. Por ello la NASA y la ESA mandarán misiones no tripuladas a otras zonas de Marte en 2011 Mars Science Laboratory (NASA) ⁽⁵⁾ y 2016 Exo Mars (ESA-NASA) ⁽⁶⁾ con el objetivo de buscar signos de vida pasada y presente en la superficie marciana. Si los resultados de las misiones de la NASA y ESA fueran positivos, la paleontología y la biología podrían expandir su campo de conocimiento más allá de la

Tierra, lo cual sería uno de los mayores descubrimientos científicos de la historia de la humanidad.

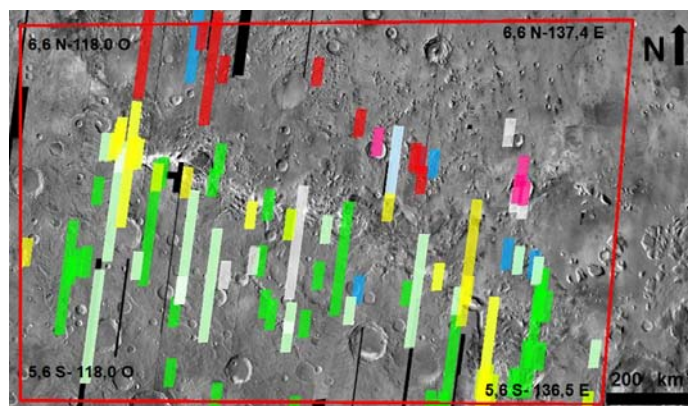


Figura 1. Distribución espacial de los ambientes sedimentarios de gran interés exopaleontológico en *Nephentes Mensae*. Leyenda: Verde llanura de inundación, rosa abanicos aluviales, amarillo deltas, blanco antiguas lagunas, azul suelos poligonales y rojo suelos con modelado periglaciario.

Referencias

1. J. D. Farmer. *Palaios* 10 (3), 2pp (1995).
2. J. D. Farmer & D.J. Des Marais. *Journal of Geophysical Research* 104, NO E11, 26977-26995 (1999).
3. B.A. Hofmann & J.D. Farmer. *Planetary and Space Science* 48, 1077-1086 (2000).
4. D. J. Des Marais; J. A. Nuth III; L. J. Allamandola et al. *Astrobiology* 8 (4), 715-730 (2008).
5. <http://mars.jpl.nasa.gov/msl>
6. <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=46048>
7. R. E. Summons; J. P. Amend; D. Bish et al. *Astrobiology* 11 (2), 1-25 (2011).
8. J. Morales & M. Nieto-Díaz 62 (1), 31-42 (2006).
9. A. G. Fairén; A. F. Davila; D. Lim et al. *Astrobiology* 8, 821-843 (2010)
10. B. L. Ehlmann; J. F. Mustard; C. I. Fassett et al. *Nature geoscience* 1, 355-358 (2008).
11. D. C. Fernández-Remolar; O. Prieto-Ballesteros; C. Menor-Salván et al. *From Fossil to Astrobiology. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology Vol 12, part 3, 6*, 491-512 (2008).
12. M. A. De Pablo & G. Komatsu, *G. Icarus* 199, 49-74 (2008).
13. M. A. De Pablo & A. Pacifici. *Icarus*, 196, 667-671 (2008).
14. A. Valenciano; M. A. De Pablo & A. Pacifici. *LPSC XL*, Abstract #1052. (2009).
15. A. Valenciano & M. A. De Pablo. *Tecnología y desarrollo*, 7, 28 pp (2010)
16. <http://crismmap.jhuapl.edu>
17. J. M. Dohm; H. Miyamoto; G.G. Ori. *LPSC XLI*, Abstract #2360.
18. J. M. Dohm. *LPSC XLII*, Abstract #2234.

Estudio preliminar de las condiciones paleoambientales en un cráter de impacto en *Nepenthes Mensae*, Marte.

A.Valenciano¹ y M.A. de Pablo²

e-mail: alb3rtovv@gmail.com

¹Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales- CSIC, 28006, Madrid, España

²Departamento de Geología (PlanetLab), Universidad de Alcalá, 28871, Madrid, España

Nepenthes Mensae, que se encuentra en el ecuador de Marte, es parte de las Tierras Bajas de Marte. En ella se han descrito numerosos rasgos de origen fluvial, glacial, costero y periglacial ^(1, 2, 3, 4), lo que indica el importante papel que el agua ha tenido en el modelado, al menos, de esta región del planeta. Algunos de estos rasgos indican la presencia de agua en el interior de cráteres de impacto, formando posibles paleolagos. La presencia de paleolagos en el interior de cráteres de impacto en la superficie marciana ha sido ampliamente estudiado dado el interés hidrológico y paleoambiental ^(5, 6) a lo largo y ancho de la superficie de Marte. En este trabajo estudiamos uno de estos posibles paleolagos en la región de *Nepenthes Mensae*, situado en el interior de un cráter de impacto (1.2°N- 134.0°E), mediante el uso de imágenes de media y alta resolución procedente de distintas misiones planetarias (Tabla 1).

Instrumento	Resolución m/píxel	Imágenes
HiRISE	0.30-0.60	PSP_007923_1810 / PSP_008714_1815 / PSP_013751_1810
CTX	6	P15_006921_1820 / P20_008714_1791
THEMIS-Vis	18	V04951006 / V07922019 / V27590034 / V14786013 / V10493018 / V18168015

Tabla 1: Imágenes empleadas en el estudio de este paleolago en la región de *Nepenthes Mensae*.

Este cráter pudo funcionar como una posible cuenca endorreica donde se acumularon sedimentos de origen fluvial y lacustre a lo largo de su historia geológica. Así se puede interpretar a partir del análisis de los rasgos observados en su interior, que ha permitido cartografiar diversas unidades geomorfológicas relacionadas con el modelado fluvial (Figura 1a). Cabe destacar la presencia de al menos 10 abanicos aluviales a lo largo de todo el perímetro del cráter, muy similares a los terrestres (Figura 1b), llegando a superponerse entre ellos. Esto es además indicativo de la existencia de diversos episodios de actividad hídrica en la zona. Por otro lado, en el interior del cráter de impacto se encuentran algunos depósitos sedimentarios concentrados en dos sectores al norte y sur de la cuenca. El estudio detallado de los distintos rasgos existentes en esta zona permite plantear la hipótesis de que en el interior de este cráter existieron lagunas efímeras en un ambiente tipo “playa-lake” basado en: (1) distribución de los sedimentos, (2) presencia de posibles huellas de desecación (Figura 1c), con morfología poligonal e interpretados como CFPs ⁽⁷⁾ (polígonos en el suelo del cráter) y (3) la presencia de filosilicatos, tal y como muestran los datos del sensor CRISM ⁽⁸⁾. Estos datos también apunta a la existencia de hielo de agua en los sedimentos más externos del paleolago Sur, lejos de las zonas con terrenos poligonales, lo que apoya la hipótesis de las huellas de desecación ⁽⁷⁾.

La presencia de filosilicatos y agua en el interior del cráter convierten este cráter de impacto en un punto de interés astrobiológico y exopaleontológico muy interesante, ya que los filosilicatos pueden conservar la materia orgánica ⁽⁹⁾ y el agua es indispensable para la vida tal como la conocemos. Por este motivo, para profundizar en el conocimiento de esta cuenca, se llevará a cabo una cartografía geológica y geomorfológica completa, así como un estudio geoquímico de detalle.

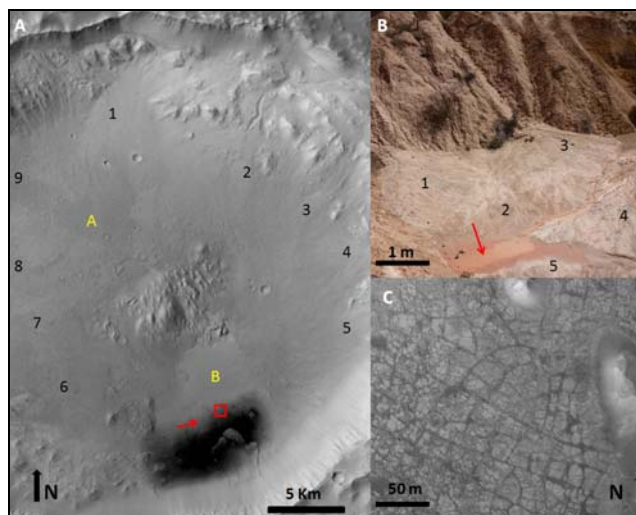


Figura 1. A) Imagen CTX (P15_006921_1820) del cráter de impacto estudiado. Los números indican los distintos abanicos aluviales presentes, A y B (amarillo) indican 2 posibles paleolagos, la flecha roja indica lugares con posibles huellas de desecación y el rectángulo rojo indica la zona de detalle (C) (Imagen CTX/MSSS/NASA); B) Análogo terrestre de un ambiente tipo "playa-lake" en Pálmaces de Jadraque (Guadalajara). Los números indican abanicos aluviales actuales y las flechas rojas huellas de desecación incipientes (Foto: Alberto Valenciano); C) Imagen HiRISE (PSP_013751_1810) de las posibles huellas de desecación (Imagen HIRISE/UA/NASA).

Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado durante una estancia de A. Valenciano en el departamento de Paleobiología del MNCN-CSIC y agradece a Jorge Morales la ayuda prestada.

Referencias

1. A. Valenciano; M.A. De Pablo & A. Pacifici. LPSC XL, Abstract #1052 (2009).
2. A. Valenciano & M.A. De Pablo. Tecnología y desarrollo, 7, 28 pp (2010).
3. M. A. De Pablo & A. Pacifici. Icarus, 196, 667-671 (2008).
4. M. A. De Pablo & G. Komatsu. Icarus 199, 49-74 (2008).
5. N.A. Cabrol & E.A. Grin. Icarus 142, 160-172 (1999).
6. N.A. Cabrol & E.A. Grin. Icarus 149, 291-328 (2001).
7. M.R. El Maarry; W. Markiewicz; M. Mellon et al. LPSC Abstract #1650 (2010).
8. <http://crism-map.jhuapl.edu/>
9. B.L. Ehlmann; J.F. Mustard; C.I. Fassett et al. Nature Geoscience 1, 355-358 (2008).

Índice de autores

Alí-Lagoa, V.	56	Duffard, R.	53,
Arloth, S.	85		58,
Armytage, R.M.G.	85		62,
Asphaug, E.	42		85
Barrado-Navascués, D.	19	Durda, D.D.	42
Barrena, R.	17	Duricic, A.	85
Benavidez, P.G.	42,	Enke, B.L.	42
	62	Egea-González, I.	113
Berry, D.	7	Escamilla-Roa, E.	65
Biver, N.	64	Escribano, R.	74
Bockelée-Morvan, D.	64	Fernández, C.	32,
Böhnhardt, H.	53		113
Bottke Jr., W.F.	42	Fernández, Y.	56
Calle, A.	110	Fernández-Remolar, D.C.	119
Campins, H.	56	Flahaut, J.	85
Campo--Bagatín, A.	58,	Fletcher, L.N.	19
	62,	Forget, F.	9
	88	Funke, B.	94
Cardesin, A.	71	Gálvez, O.	74
Carrillo, J.D.	104	García-Comas, M.	94
Centeno, J. D.	122	Garate-Lopez , I.	8
Colas, F.	19	García-Melendo, E.	19,
Crovisier, J.	64		25
de Pablo, M. A.	116,	García-Muñoz, A.	17
	119,	Gómez-Forrellad, J.M.	19
	122,	González, A.	15
	124,	González Galindo, F.	9, 94
	126	González-Merino, B.	103
de Val-Borro, M.	64	Gordillo-Vázquez, F.J.	44,
del Río-Gaztelurrutia, T.	19,		77
	22	Guerrero Padrón, H.	100
Delbò, M.	56	Hargorve, K.	56
Derz, U.	85	Hartogh, P.	15,
Díaz-Michelena, M.	34		64
Donati, L.	85	Hempel, S.	85
Drossart, P.	7	Herraiz, M.	12

Herrero, V.J.	74	116,
Hueso, R.	7, 8,	119
	19	Montañés-Rodríguez, P.
Jarchow, C.	15,	17,
	64	103,
Jiménez-Díaz, A.	32	104
Kelley, M.	56	Morales, J.
Kubínyi, M.	85	Morales, N.
Kumar, K.	85	37,
Lara, L.M.	15,	47,
	37,	58
	88,	Moreno, F.
	113	37,
Lecacheux, J.	19	64,
Legarreta, J.	19,	65,
	25	94
Lellouch, E.	53	Moro-Martín, A.
Licandro, J.	37,	Müller, Th.G.
	56,	Nesvorn, D.
	88	Ortiz, J.L.
	37	37,
Lin, Z.Y.	64	47,
Lis, D.C.	91	53,
Llorca, J.	32	58,
López, V.	94	62
López Moreno, J.J.	94	Palle, E.
López-Puertas, M.	9, 94	17,
López Valverde, M.A.	44,	103
Luque, A.	77	Parker, D.
	5, 7	Parra, F.
Luz, D.	5	Passas, M.
Machado, P.	47,	Peralta, J.
Madiedo, J.M.	91,	Pérez-Hoyos, S.
	107	Piccioni, G.
	113	Pirrotta, S.
Márquez, A.	17	Pollinger, A.
Martin, E.L.	73	Poulsen, S.
Martín Torres, F.J.	74	Radicella, S.M.
Maté, B.	42	Rengel, M.
Merline, W.J.	37,	Richardson, D.C.
Molina, A.		42,
		62
		Rodrigo, C.
		Rodríguez, J.
		Rodríguez-Caderot, G.
		Rodríguez-Lazcano, Y.
		74

Romeo, I.	29
Ruiz, J.	32, 113
Salatti, M.	85
Sánchez-Cano, B.	12
Sánchez-Lavega, A.	1, 7, 8, 19, 22, 25
Santos-Sanz, P.	53, 58
Sanz-Requena, J.F.	19, 22
Solano, E.	80
Stansberry, J.	53
Szutowicz, S.	64
Tejero, R.	32
Thirouin, A.	53, 58, 62
Trigo-Rodríguez, J.M.	88, 91, 107
Vaduvescu, O.	80
Valenciano, A.	124, 126
Vandaele, A.C.	94
Vázquez, L.	97
Widemann, T.	5
Williams, J.P.	113
Witasse, O.	12
Zapatero-Osorio, M.R.	17
Zieffer, J.	56

Nombres e-mails e instituciones de participantes en el Congreso.

Victor Alí Lagoa	vali@iac.es	IAC
Jesús Arregui	jesús.arregui@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Naiara Barrado-Izagirre	naiara.barrado@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Paula Benavidez	paula.benavidez@ua.es	Universidad de Alicante / SouthWest Research Institute
Abel Calle	abel.calle@fa1.uva.es	Universidad de Valladolid
Adriano Campo-Bagatín	acb@ua.es	Universidad de Alicante
Alejandro Cardesín	Alejandro.Cardesin@sciops.esa.int	ESA
Juan Diego Carrillo-Sánchez	J.D.CARRILLO@hotmail.com	
Julia de León	jleon@iaa.es	IAA
Miguel Ángel de Pablo	miguelangel.depablo@uah.es	Universidad de Alcalá
Miguel de Val-Borro	deval@mps.mpg.de	Max-Planck Inst. for Solar System Research
Teresa del Río-Gaztelurrutia	teresa.delrio@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Marina Díaz Michelena	diazma@inta.es	INTA
René Duffard	duffard@iaa.es	IAA
Isabel Egea	isaagea@iaa.es	IAA
Emilia Escamilla Roa	roa@iaa.es	IAA
Itziar Garate Lopez	itziar_garate@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Marisa García Vargas	marisa.garcia@fractal-es.com	Fractal
Enrique García-Melendo	egarcia@foed.org	Obs. Fundación Esteve Durán
Armando González	gonzalez@mps.mpg.de	Max-Planck Inst. for Solar System Research
Beatriz González	bgmerino@iac.es	IAC
Francisco González Galindo	ggalindo@iaa.es	IAA
Paco Gordillo Vázquez	vazquez@iaa.es	IAA
Héctor Guerrero	guerrero@inta.es	INTA
Miguel Herraiz	mherraiz@fis.ucm.es	Universidad Complutense
Ricardo Hueso	ricardo.hueso@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Alberto Jiménez-Díaz	ajimenezdiaz@geo.ucm.es	Universidad Complutense
Jon Legarreta	jonjosu.legarreta@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Javier Licandro	jlicandr@iac.es	IAC
Miguel Ángel López-Valverde	valverde@iaa.es	IAA
Alejandro Luque	aluque@iaa.es	IAA
Pedro Machado	pedro.machado@obspm.fr	Obs. de Paris
Jose María Madiedo	madiedo@diq.uhu.es	Universidad de Huelva
Jesús Marcos	jesus.marcos@tecnalia.com	Tecnalia
Javier Martín Torres	javiermt@cab.inta-csic.es	CAB (CSIC-INTA)
Belen Maté Naya	belen.mate@csic.es	CSIC-Instituto de Estructura de la Materia
Javier Mejuto González	jmejugon@fis.ucm.es	Universidad Complutense
Antonio Molina	a.molina@csic.es	CAB (CSIC-INTA)
Fernando Moreno Danvila	fernando@iaa.es	IAA
Amaya Moro Martín	amaya@cab.inta-csic.es	CAB (CSIC-INTA)

Cristina Ortega	space@a-v-s.es	AVS
Jose Luis Ortiz	ortiz@iaa.es	IAA
Enric Pallé	epalle@iac.es	IAC
Javier Peralta	peralta@oal.ul.pt	Observatorio de Lisboa
Santiago Pérez-Hoyos	santiago.perez@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Jose Félix Rojas	josef.rojas@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Ignacio Romeo Briones	iromeobr@geo.ucm.es	Universidad Complutense
Javier Ruiz Pérez	jaruiz@geo.ucm.es	Universidad Autónoma de Madrid
M ^a Dolores Sabau Graziati	sabaumd@inta.es	INTA
Beatriz Sánchez-Cano	beasanch@fis.ucm.es	Universidad Complutense
Agustín Sánchez-Lavega	agustin.sanchez@ehu.es	Universidad del Pais Vasco (UPV/EHU)
Pablo Santos	pablo.santos@obspm.fr	Observatoire de Paris
Jose Francisco Sanz Requena	jfsanz@uemc.es	Universidad Europea Miguel de Cervantes
Enrique Solano	esm@cab.inta-csic.es	CAB (CSIC-INTA)
Josep María Trigo	trigo@ieec.uab.es	Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC-IEEC)
Alberto Valenciano	alb3rto_vv@hotmail.com	Museo Nacional de Ciencias Naturales- CSIC
Luis Vázquez	lvazquez@fdi.ucm.es	Universidad Complutense

