Forzamiento astronómico en el Ecuador y casquetes polares de Marte.



Andrea Sánchez Saldías (Departamento de Astronomía - FC) andrea@fisica.edu.uy

ANTECEDENTES

Geoscience Frontiers 5 (2014) 249-259



Exercise

Research paper

Palaeogeographic reconstruction of Minchin palaeolake system, South America: The influence of astronomical forcing

Para la Tierra



Andrea Sánchez-Saldías^{a,*}, Richard A. Fariña^b

^a Universidad de la República, Facultad de Ciencias, Departamento de Astronomía, Iguá 4. ^b Universidad de la República, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Paleobiología, Iguá 42

- Milankovitch cycles



- **1. Características generales de Marte**
- 2. Imágenes e insolación en Marte: materiales y métodos
- 3. Parámetros de Milankovitch e imágenes de Marte
- 4. Forzamiento astronómico en Marte
- 5. Conclusiones generales

- **Tamaño**: superficie equipotencial de radio promedio de 3396 km +/- 1 km.
- Masa: 6,41 x 10^{23} kg, del orden de 1/10 de la masa terrestre
- **Distancia al Sol**: 1,38UA del Sol en el perihelio y a 1,66 UA en el afelio
- Excentricidad : 0.09 (la Tierra es 0.017)
- •Fuerza gravitatoria 3.3 m/s² ->
- •Velocidad de escape: 5 km/s (en la Tierra es de 11 km/s)
- Presión atmosférica: es de 7 mbar

• Día: 24,62 horas Período orbital: 688 días Oblicuidad: 25.19°

ERAS GEOLÓGICAS EN MARTE (por conteo de cráteres)



Adaptado de: Neukum, G.; Wise, D.U. (1976)

LA DICOTOMÍA HEMISFÉRICA



IMÁGENES DE MARTE- SELECCIÓN DE IMÁGENES

• OBJETIVO

A partir de la identificación de capas tanto en perfiles topográficos como en variación de brillo en las imágenes seleccionadas, analizaremos patrones periódicos y su relación con el forzamiento astronómico en Marte (Laskar, 2002; Milliken, 2009; Lewis, 2008, 2014)



muuchos artículos

IMÁGENES DE MARTE- MATERIALES Y MÉTODOS

- Las imágenes de Marte fueron obtenidas de la base de datos de HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment), que orbita Marte a bordo del Mars Reconnaissance Orbiter desde 2006.
- Imágenes estereográficas para realizar medidas topográficas a pequeña escala. <u>HiRISE puede muestrear el suelo marciano con una</u> <u>resolución de 90 cm (30 cm/px).</u>
- Imágenes de alta resolución en un amplio rango del espectro, lo cual es relevante para distinguir diferencias en la composición de capas en sedimentos y en el caso de los depósitos polares, observar estratigrafía en el orden de metros (McEwen et al., 2007, y referencias allí contenidas)



- Las imágenes dtm ya poseen información topográfica.
 Acceso público
 - •Pocas
- Los pares estereográficos <u>no contienen información topográfica</u>, por lo cual debe seleccionarse un par estereográfico de imágenes y junto con los datos del Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) construír la imagen en tres dimensiones.

IMÁGENES DE MARTE- MATERIALES Y MÉTODOS



- (MOLA) es un instrumento a bordo de la misión Mars Global Surveyor, lanzada en 1996.
- Analiza medidas de topografía, rugosidad y reflectividad de Marte, con una precisión en el sentido vertical del orden de 1 m.
- Permite construír grillas topográficas de 1/64° en latitud por 1/32° en longitud, lo cual equivale en el ecuador marciano a un área de 1 x 2 km² (Smith et al., 2001 y referencias allí contenidas).

- 1. Características generales de Marte
- 2. Imágenes e insolación en Marte: materiales y métodos
- 3. Parámetros de Milankovitch e imágenes de Marte
- 4. Forzamiento astronómico en Marte
- 5. Conclusiones generales

PARÁMETROS DE MILANKOVITCH E IMÁGENES - MARTE



IMÁGENES DE MARTE- SELECCIÓN DE IMÁGENES

• Objetivo:

- Mecanismos de procesos sedimentarios para distintas unidades estratigráficas
- Reconocimiento de una o mas unidades geológicas en las imágenes
- Determinación de tasas de sedimentación
- Comparación estructuras ecuatoriales con depósitos polares
- Relación estratigrafía (capas) insolación (forzamiento astronómico)

IMÁGENES

+



INSOLA (código fortran)

Astronomical Solutions for Martian Paleoclimates

reference:

Laskar, J., Correia, A., Gastineau, M., Joutel, F., Levrard, B., Robutel, P. : 2004, Long term evolution and chaotic diffusion of the insolation quantities of Mars. Icarus 170, Issue 2, 343-364 (2004) doi:10.1016/j.icarus.2004.04.005

Solutions are also available for Earth paleoclimates here.

Solutions La2003-04 from -20 Myr to + 10 Myr

IMÁGENES DE MARTE- SELECCIÓN DE IMÁGENES

Las imágenes seleccionadas fueron:

- Cráter Schiaparelli (Lat: 3°, Long: 13.9°),
- Zona cercana al Cráter Becquerel (cráter sin identificación, Lat: 2°, Long, 8°)
- Zona en los North Layered Polar Deposits o NLPD (Lat: 84°, Long: 34°)



a) Cráter Schiaparelli (3°, 13.9°)
b) Cráter sin identificación (2°, 8°)
c) NLPD (84°, 34°)

IMÁGENES DE MARTE- TRATAMIENTO DE IMÁGENES

EL PROBLEMA DE LA HORIZONTALIDAD RELATIVA

- Principios de la estratigrafía:
- **Principio de la superposición de estratos:** los niveles superiores serán más recientes que los inferiores **Se cumple**
- **Principio de la horizontalidad original:** Los estratos se depositan siempre de forma horizontal o sub-horizontal y permanecen horizontales si no actúa ninguna fuerza sobre ellos **hay que verificarlo**
- **Principio de la continuidad lateral:** un estrato tiene la misma edad a lo largo de toda su extensión horizontal **peligro de disconformidades**

IMÁGENES DE MARTE- TRATAMIENTO DE IMÁGENES

Disconformidades verticales Lewis y Aharonson, 2014

O esto...

AGU Journal of Geophysical Research: Planets

Puede pasar esto



Disconformidad horizontal Aeolis Mons, Curiosity





- 1. Características generales de Marte
- 2. Imágenes e insolación en Marte: materiales y métodos
- 3. Parámetros de Milankovitch e imágenes de Marte
- 4. Forzamiento astronómico en Marte
- 5. Conclusiones generales

250 dólares mas tarde...





Capas sedimentarias en cráter sin identificación (Lat: 2° 16, Long, 8° 54')





Detalle de la zona del cráter definida como subset 3, donde se aprecian con mayor resolución las capas.



Mosaico de imágenes de la zona subset 3 con las respectivas series de puntos en lo que a nuestro entender eran capas potenciales y fueron confirmadas con ORION



Determinación a partir de 'dip' y 'strike' para las capas respectivas.

CURVAS DE NIVEL PARA IDENTIFICAR CAPAS







- a) determinación de ángulos y pendientes en capas del cráter Schiaparelli
- b) transecto para determinar perfil topográfico.

- 1. Características generales de Marte
- 2. Imágenes e insolación en Marte: materiales y métodos
- 3. Parámetros de Milankovitch e imágenes de Marte
- 4. Forzamiento astronómico en Marte
- 5. Conclusiones generales

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE - ANTECEDENTES

• 'The parameters of Mars' orbit and spin axis orientation control the global distribution and seasonal intensity of the solar insolation, and it is widely accepted that astronomical variations could have had a profound influence on its climatic history' (Laskar, 2004)

- Los parámetros de Milankovitch en Marte tienen un valor de:
 - Excentricidad (95000 años) Laskar (2002)
 - Precesión (51000 años) Laskar (2002), Milkovich y Head (2005)
 - Oblicuidad (120000 años) Laskar (2002)

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – CAPAS e INSOLACIÓN

Lewis et al. (2008) encuentran en columnas estratigráficas en la zona de Arabia Terra dos tipos de estructuras cuasi periódicas: secuencias del orden de decenas de metros de espesor (llamadas 'bundles') y estratos más finos dentro de esas secuencias (llamados 'beds')



Objetivo: Determinación indirecta de forzamiento astronómico

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – CAPAS e INSOLACIÓN



a) Imagen topográfica (es posible ver las barras de nivel de altura y distancia.

b) Imagen RGB en escala de grises.

Resolución de HiRISE 0,6: m/px

Resolución MOLA: 1m/px

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – CAPAS e INSOLACIÓN PREPARAR EL ANÁLISIS FRECUENCIAL



Continuous vs. discrete data

- theoretical curves can be computed at any resolution,
- and for any given value of the
- independent axis

2

El problema de datos equi espaciados

- experimental data are often discrete,
- non-repeatable, and finite in
- observation length



FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – CAPAS e INSOLACIÓN PREPARAR EL ANÁLISIS FRECUENCIAL





Cuando todo esto fue tenido en cuenta Y se hicieron las correcciones necesarias...



MATLAB[®] Time vs. Frequency domain II R2008a Spectra are linear The Language of Technical Computing frequency 0 components 10.00 m + 2.78 m 2 -1 0 1 2 -2 -1 0 1 2 0 Sum 3.85 m + 2.78 m = -2 -1 0 1 2 -2 -1 0 1 2 -3 = -3= Sum -2 -1 0 1 2 -2 -1 0 1 2 -2 -1 0 1 add linearly WWWWWWWWWWWWWWWWWWWWWWW WWWWWWWWWWWWWW close frequencies WWWWWWWWWWWWWWW MMMMMM produce "beats", 10.00 m similar to piano Metres 50 -• tuning 30 30 20 -20 -10 -10 -0.20 - 10.00 m 3.85 m 0.20 -2.78 m 2.78 m 5 0.15 5 0 15. 0.10 0.10 Copyright 1984 - 2008, The MathWorks Inc. 0.05 Relati Protected by U.S. patents. See www.mathworks.com/patents 0.00 0.00 -0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 Cycles per metre The MathWorks Cycles per metre

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – CAPAS e INSOLACIÓN



FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – CAPAS e INSOLACIÓN

b -492

TOPOGRAFIA + BRILLO



a) Imagen del cráter con el perfil de brillo (línea azul) b) Idem pero con imagen topográfica c) Perfil de brillo d) perfil topográfico.

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – ANALISIS FRECUENCIAL



FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE – ANÁLISIS FRECUENCIAL



Análisis wavelet para la **insolación** para 3°, durante una integración de 10 millones de años.

1) frecuencia asociada a un período de 114430 (oblicuidad)

2) frecuencia asociada a un período de 48502 (precesión).

Las flechas punteadas verticales indican la modulación de la precesión.

POLO NORTE







c)

a) RGB de la imágen 1167_0000.dt4 (84° N, 126°
 E),
 Cámara HRSC, ME

b) transecto de 140 km, perpendicular a las capas, para determinar variaciones topográficas,

c) perfil de alturas (en px). Espesor medio de capas 30 m

- A través del algoritmo insola para Marte (Laskar et al., 2002), se determinó la insolación para la región de la imagen 1167_0000.dt4 (84° N) para diferentes tiempos de corrida en el solsticio de verano en Marte.
- Posteriormente se re-escalaron y se compararon las curvas de insolación y relieve, obteniendo el mejor ajuste para una corrida de 5 millones de años



Variación topográfica (en rojo) comparada con la insolación (negro).



Imagen DTEPC_018870_2625_018910_2625_A01 (par estereográfico)

Determinación de medidas de la imagen con Global Mapper.





Imagen de brillo DTEPC_018870_2625_018910_26 25_A01 (par estereográfico)

El transecto (2 km) se realiza con MATLAB

El análisis frecuencial de la topografía y brillo de la imagen dio frecuencias principales de

0,01121 1/m y 0,02802 1/m,

oblicuidad (1/0,01121 = 89000 años) y

precesión (1/0.02802 = 35688 años)



Análisis frecuencial para la insolación a la misma latitud de la imagen (integrada durante 10 MaBP y 5MaBP)

frecuencia principal asociadas a un período de **124000 años (oblicuidad)** La segunda frecuencia difiere un poco para ambos intervalos, pero los períodos correspondientes son del mismo orden: **52820 años** para 10 millones de años y **51413 años** para 5 millones de años (~ **50000 años: precesión**)



Análisis wavelet para la insolación para 84° N, durante una integración de 10 millones de años. La flecha indica el inicio de una transición frecuencial. Entre 5,5 y 6 millones de años hacia el pasado hay una transición de frecuencias, que se corresponde a un período de 97000 años (oblicuidad)

- 1. Características generales de Marte
- 2. Imágenes e insolación en Marte: materiales y métodos
- 3. Parámetros de Milankovitch e imágenes de Marte
- 4. Forzamiento astronómico en Marte
- 5. Conclusiones generales

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE - RESULTADOS

• En relación a los NLPD

- En el análisis topográfico de 1167_0000.dt4 se obtuvieron espesores de 30 m (sin estructuras más pequeñas)
- Las estructuras de 30 m detectadas en la imagen 1167_0000.dt4, coinciden con valores de otros autores (Milkovich y Head (2005,2008); Fishbaugh et al. (2010); Hvidberg et al. (2012)).
- En el análisis topográfico y de brillo de la imagen
 DTEPC_018870_2625_018910_2625_A01 se obtuvieron
 períodos principales de 89000 años (asociada a la oblicuidad)
 y 35688 años (asociada a la precesión)
- Las corridas de insolación para la latitud correspondiente a estas imágenes dio períodos acordes a los mismos parámetros de Milankovitch: **124000 años** (oblicuidad) y 50000 años (precesión)

FORZAMIENTO ASTRONÓMICO EN MARTE - RESULTADOS

- En relación a los cráteres con capas sedimentarias en Arabia Terra:
 - Lewis et al. (2008) encuentran una relación 10:1 entre el espesor de los beds y bundles de Becquerel y la asocian con la relación 10:1 de la oblicuidad entre su período principal de 120 mil años y un período mayor de 1.2 millones de años (Laskar, 2004). Forma indirecta de estimar períodos.
 - En nuestro caso encontramos valores de 6m, 9m, 23m y 45 m para el cráter Schiaparelli (no es evidente una relación 10:1)
 - Pero tenemos resultados directos del análisis espectral de la topografía y de la insolación
 - Los períodos obtenidos son de 90000 años y 51000 años (oblicuidad y precesión)
- ESTIMAMOS UNA TASA DE DEPOSITACIÓN DE 2,8 . 10⁻⁴ m/año.

TRABAJO ACTUAL

- **1. Pendiente de la Tesis** (con Mauro Spagnuolo):
 - Agregar Gale a zona ecuatorial y muestrear todas las zonas de cráter cercano a Becquerel
 - Análisis de latitudes intermedias (3 imágenes)



Layered Deposits in Impact Crater in Utopia Planitia

•Agregar una imagen del Polo Sur



Credit: NASA/JPL/University of Arizona/USGS

Basal Exposure of South Polar Layered Deposits

TRABAJO ACTUAL

En resumen al momento tenemos:

- -Polo sur (una imagen)
 -Polo Norte (una imagen)
 -Ecuador (cuasi) − 3 imágenes → indeterminado
- -Latitudes intermedias 3 imágenes Cotas temporales
- Unidades geológicas, tasa de sedimentación de hielo y polvo, relación con la insolación, ¿edad?
- •¿Intercambio de volátiles?

2. DETERMINACIÓN DE ESTRATOS Y PERÍODOS EN MOUNT SHARP (Aeolis Mons), 5 km de altura de registros, sin poder contar con integraciones numéricas – (con Alberto Fairen)

A > Current Issue > vol. 112 no. 12 > Shuichang Zhang, E1406–E1413, doi: 10.1073/pnas.1502239112 CrossMark

Ciclick for updates

Orbital forcing of climate 1.4 billion years ago

Shuichang Zhang^a, Xiaomei Wang^a, Emma U. Hammarlund^b, Huajian Wang^a, M. Mafalda Costa^c, Christian J. Bjerrum^d, James N. Connelly^c, Baomin Zhang^a, Lizeng Bian^e, and Donald E. Canfield^{b, 1}

Author Affiliations

Contributed by Donald E. Canfield, February 9, 2015 (sent for review May 2, 2014)

Abstract Full Text Authors & Info Figures SI Metrics Related Content PDF PDF + SI

Significance

There is a wealth of evidence pointing to dramatic short-term climate change on Earth over the last few million years. Much of this climate change is driven by variations of Earth's orbit around the Sun with characteristic frequencies known as Milankovitch cycles. Robust evidence for orbitally driven climate change, however, becomes rare as one descends deep into Earth time. We studied an exceptional record of climate change as recorded in 1.4-billion-year-old marine sediments from North China. This record documents regular changes in subtropical/tropical Hadley Cell dynamics. These changes in dynamics controlled wind strength, rainfall, and ocean circulation, translated into cyclic variations in sediment geochemistry, much like the orbital control on climate today and in the recent past.



Formación Xiamaling, China





Recorrido de Curiosity

