

Análisis de las resonancias exteriores de movimientos medios con Marte

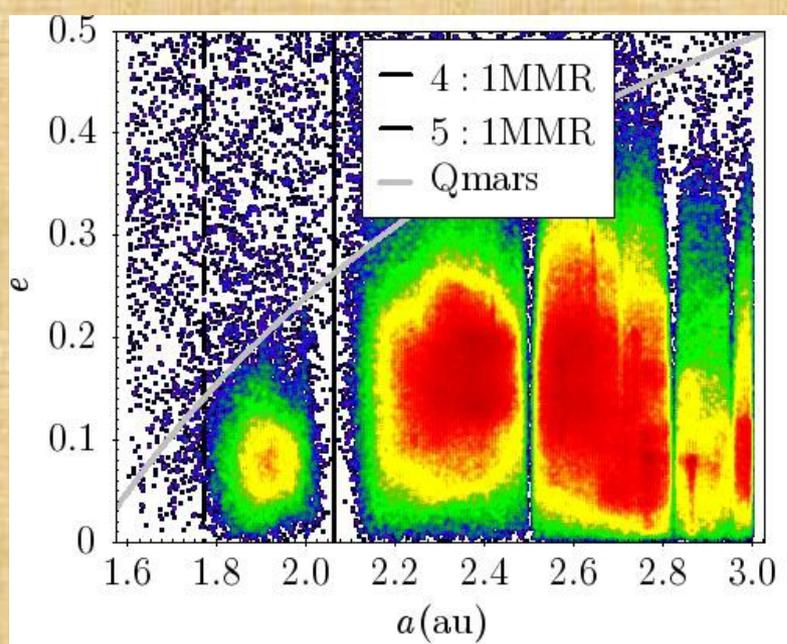
J. Correa-Otto¹, A. M. Leiva²,

M. Cañada-Assandri¹ & R. García¹

¹*Grupo de Ciencias Planetarias, FCEFN, UNSJ-CONICET*

²Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC

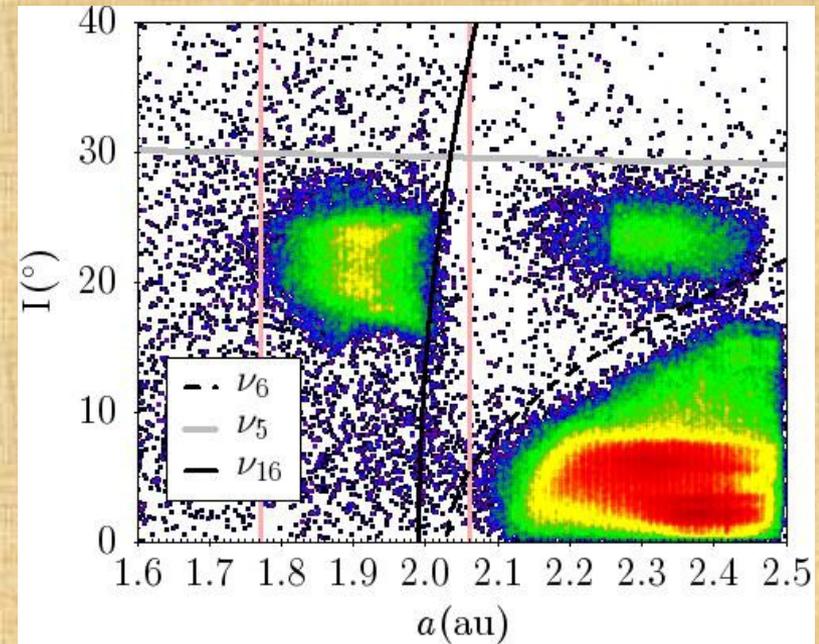




El grupo dinámico de asteroides Hungaria (llamado así por (434) Hungaria) se encuentra en la región más interna del cinturón principal de asteroides, detrás de Marte.

- Tienen altas inclinaciones, $I \in (16^\circ - 30^\circ)$, que son delimitadas por las resonancias seculares ν_5 , ν_6 y ν_{16} .

- Orbitan dentro de un estrecho rango de semieje mayor $a \in (1.78 \text{ ua} - 2.06 \text{ ua})$, y están separados del cinturón principal por la resonancia de movimiento medios (RMM) 4:1 con Júpiter.
- Sus excentricidades están limitadas ($e < 0.18$) por el valor máximo necesario para que crucen la órbita de Marte (Q_{mars}).

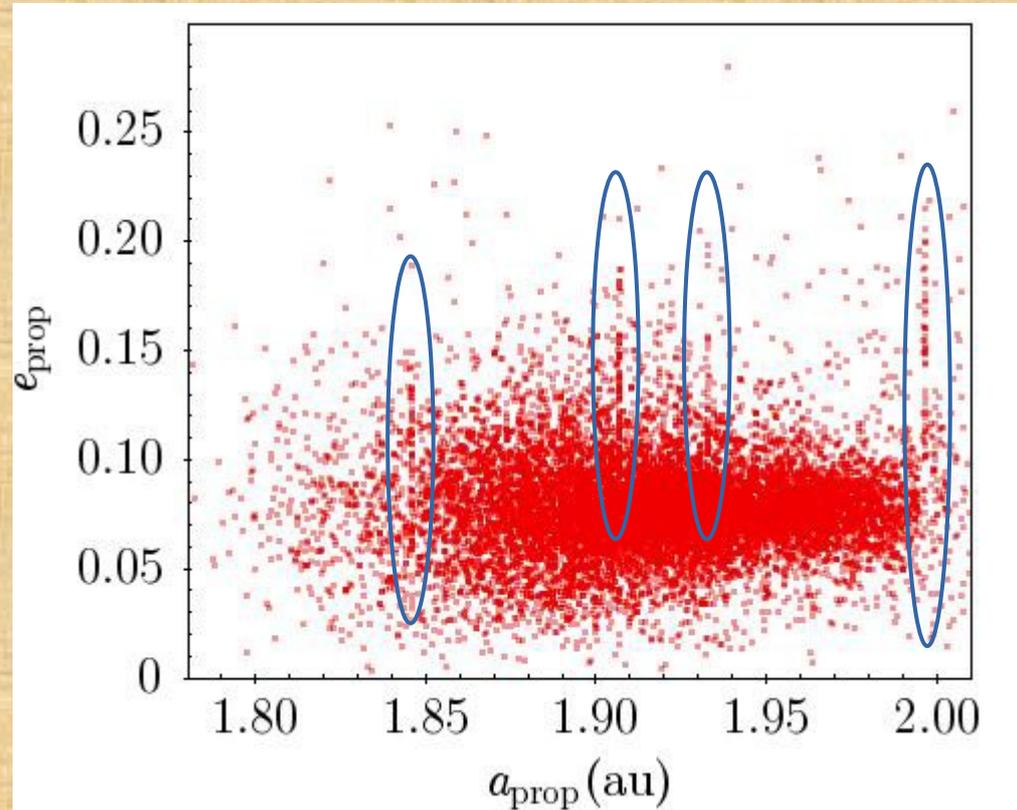


En la región de los Hungarias existen numerosas RMM con Marte que modulan la evolución dinámica del grupo.

El problema es que los modelos analíticos de RMM no pueden aplicarse por la excentricidad de Marte (~ 0.09) y la inclinación de los Hungarias.

MMR	p	q	$a(\text{ua})$
3:4	3	1	1.8458
8:11	8	3	1.8840
5:7	5	2	1.9068
7:10	7	3	1.9327
2:3	2	1	1.9966

Nuestro objetivo es obtener un modelo que nos de una aproximación del ancho de las RMM para buscar objetos en catalogos.



Modelo

- Trabajamos en el PR3C, tomando como referencia el plano de Marte y su perihelio ($I_{\text{Marte}} = \omega_{\text{Marte}} = \varpi_{\text{Marte}} = 0^\circ$).
- Aplicamos la aproximación semi-analítica, promediando el Hamiltoniano en el ángulo rápido $Q = \lambda - \lambda_{\text{Marte}}$.
- Las variables resonantes del problema medio son:
 - $J = -\sqrt{(Gm_\odot a)/p}$; $\theta = (p+q)\lambda_{\text{Marte}} - p\lambda - q\varpi$
 - $J_1 = J(p+q-p\sqrt{(1-e^2)} \cos(I))$; ϖ
 - $J_2 = pJ\sqrt{(1-e^2)} (\cos(I)-1)$; ω
- El Hamiltoniano medio de nuestro modelo es:

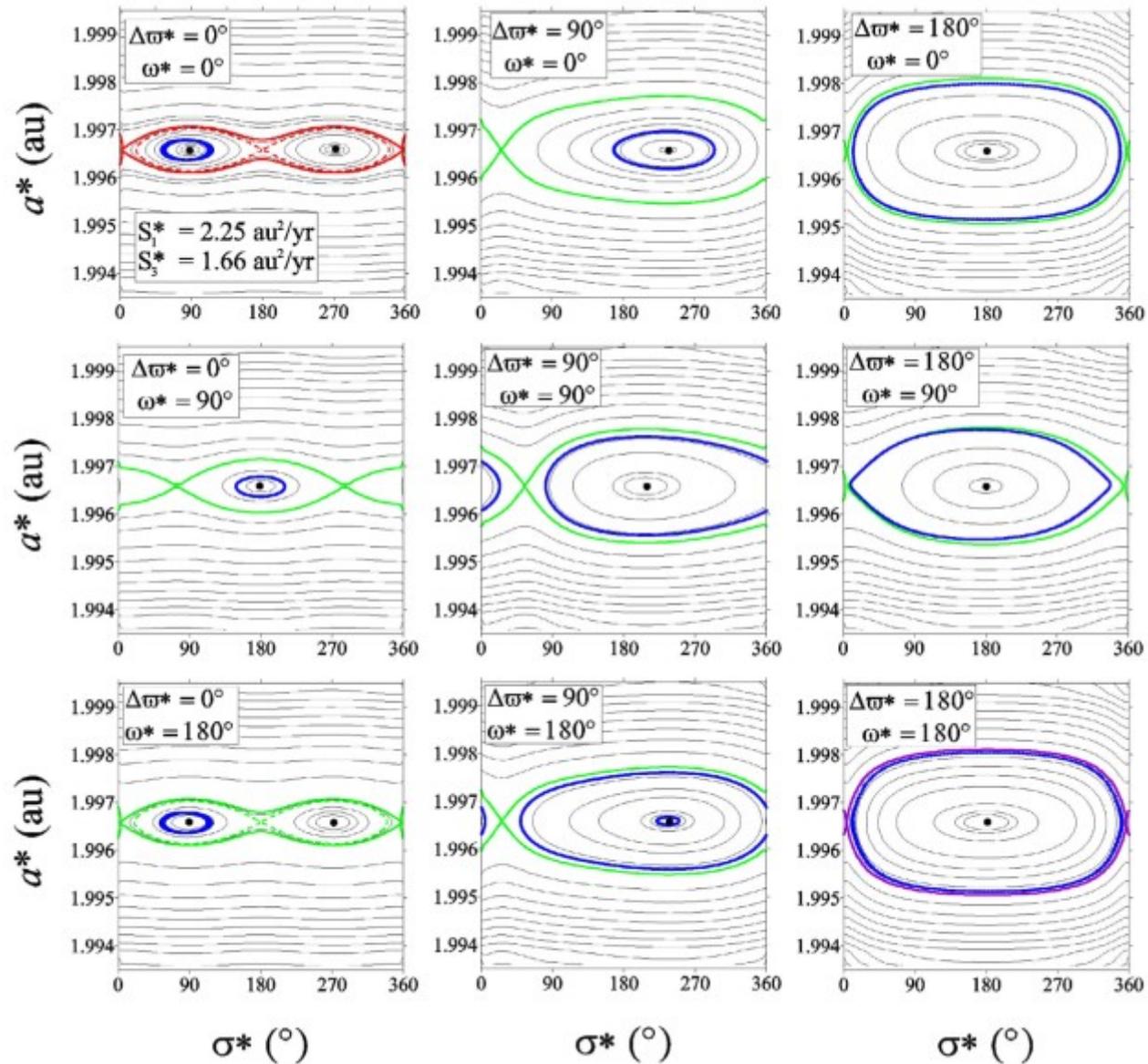
$$H^* = H^*(J, J_1, J_2, \theta, \omega, \varpi; a_{\text{Marte}}, e_{\text{Marte}})$$

Método

- Nuestro Hamiltoniano semi-analítico tiene 3 grados de libertad: 1 resonante (J, θ) y 2 seculares; lo que define un espacio de fase de 6 dimensiones.
- Para estudiar la dinámica de los Hungarias resonantes seguimos la técnica de Michtchenko et al. (2008 a,b): analizamos el espacio de fase por planos.
- Consideramos $e_{\text{Marte}} = 0.09$, y tomamos como valores fijos $I = 22^\circ$ y $e = 0.08$ basados en los valores medios de la población.
- Entonces estudiamos el plano (J, θ) variando solo los ángulos seculares ω y ϖ .

Comenzamos con la RMM 2:3:

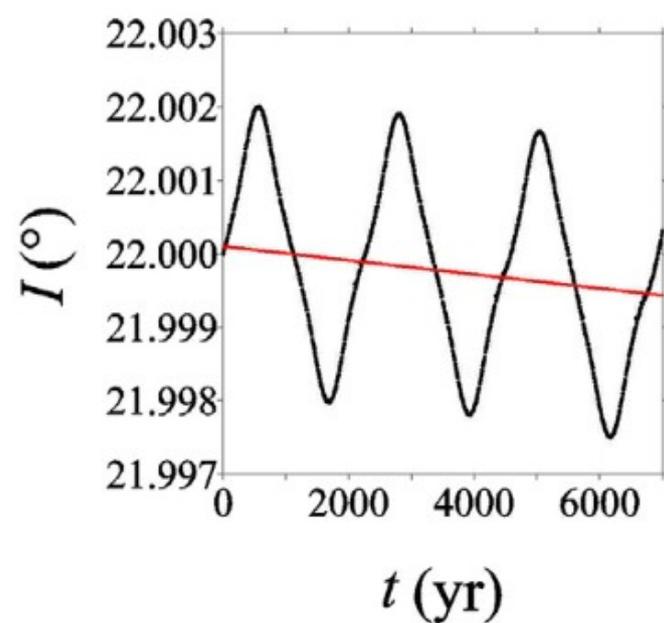
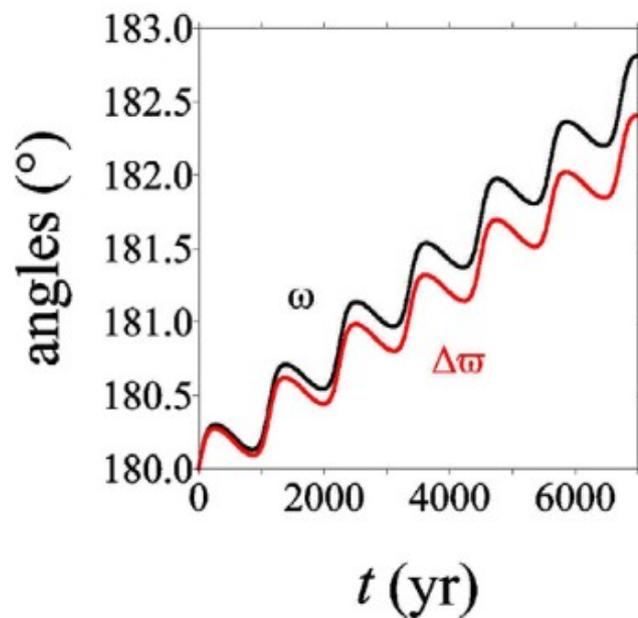
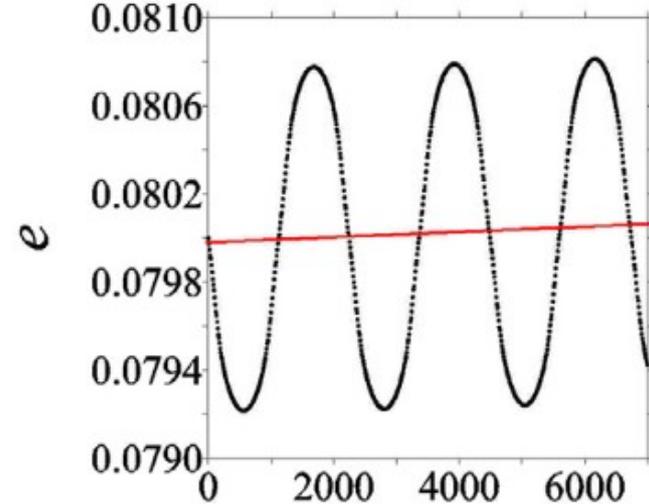
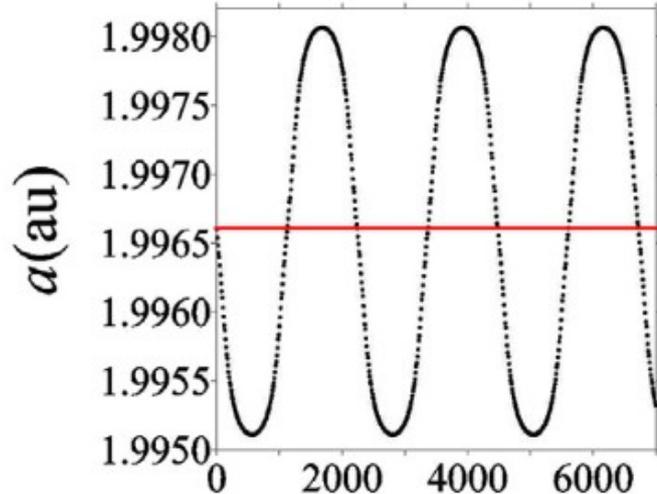
- Se puede observar que el ancho de la resonancia cambia secularmente.
- Pero también cambia la posición angular del punto de equilibrio, e incluso se observan bifurcaciones.
- Para intervalos de tiempo corto la evolución de una partícula es bien descrita por el modelo: curva azul.

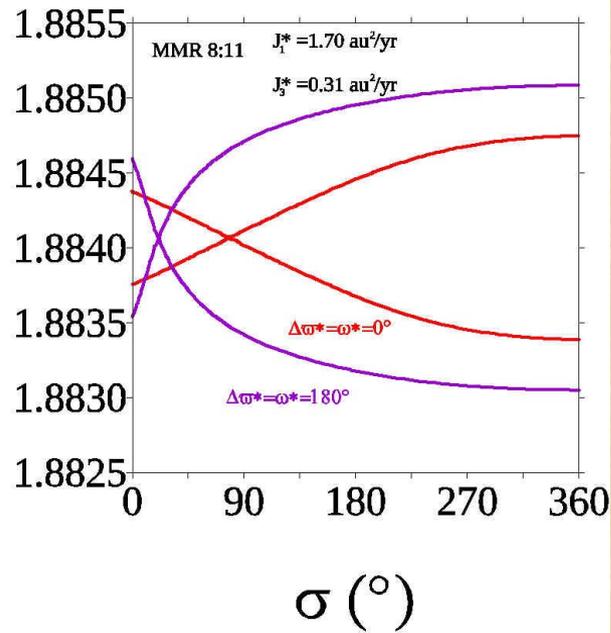
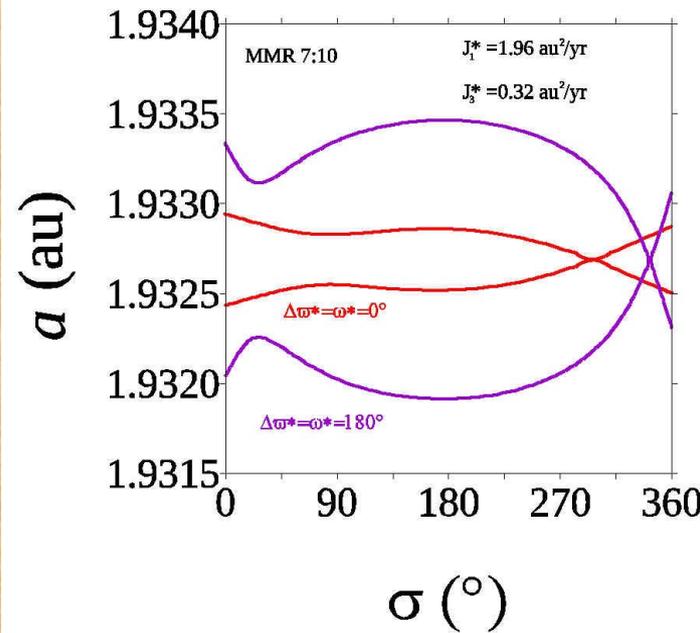
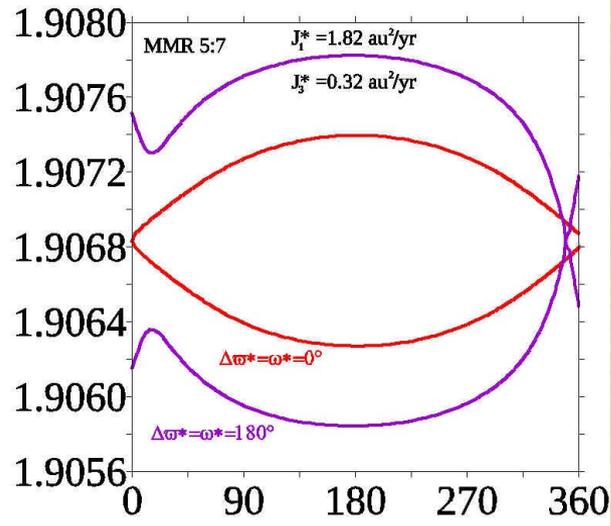
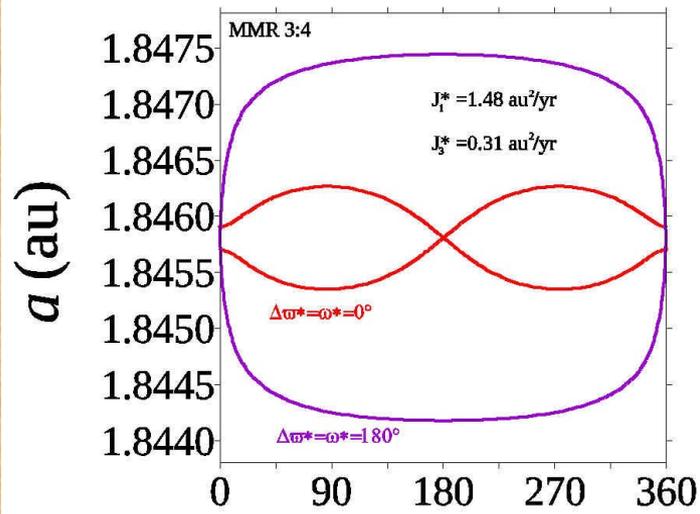


- Evolución de una partícula para

$$\omega = \bar{\omega} = 180^\circ.$$

- Se observa que por periodos de tiempo corto (~ 3 períodos resonantes) el modelo describe bien la evolución resonante.





Resultado para las
RMM 3:4, 5:7, 7:10 y
8:11:

- En rojo se muestra el ancho mínimo y en morado el ancho máximo del área resonante.
- La máxima extensión del área resonante se obtiene para $\omega = \varpi = 180^\circ$.

Tan solo una ~~ilusión~~ aproximación...

- En la region de los Hungaria la evolución de los asteroides es afectada secularmente por los demas planetas, en especial Júpiter y Saturno: ~~PR3C~~.
- Por esta razon el modelo solo sirve para definir un área de selección para la muestra de posibles objetos resonantes.
- Nosotros usamos el modelo para determinar una aproximación del maximo de la región resonante actual.
- Pero tal aproximación es suficiente para seleccionar una muestra de los objetos próximos a la resonancia en el JPL.

Conclusiones

- En este trabajo se presenta un modelo en el marco del PR3C para estudiar RMM cuando la órbita del perturbador no es circular, y para partículas con inclinación.
- Además, se describe un método por el cual se puede determinar el máximo de la región resonante para el caso particular de los asteroides del grupo Hungaria perturbados por Marte.
- Utilizando el modelo y aplicando el método se pudieron seleccionar muestras de objetos próximos a las RMM 2:3, 3:4, 5:7, 7:10 y 8:11.
- Las muestras obtenidas del JPL se están analizando a fin de presentar un catálogo de objetos afectados por las RMM con Marte.