

Encuentro Anual de Astronomía 2006 - XIII Reunión Anual de la SUA

Planetario Municipal de Montevideo, Octubre 2006

ATLAS DE RESONANCIAS EN EL SISTEMA SOLAR

Tabaré Gallardo

Departamento de Astronomía
Instituto de Física - Facultad de Ciencias
Universidad de la República
URUGUAY
gallardo@fisica.edu.uy
<http://www.fisica.edu.uy/~gallardo>

¿Resonancias?

Resonancias

Ocurren cuando existe una conmensurabilidad entre algunas de las frecuencias fundamentales del sistema dinámico (2:1, 3:2, etc).

Entre períodos orbitales: **resonancias ORBITALES**

Entre períodos rotacionales: **resonancias de SPIN**

Spin-Orbita

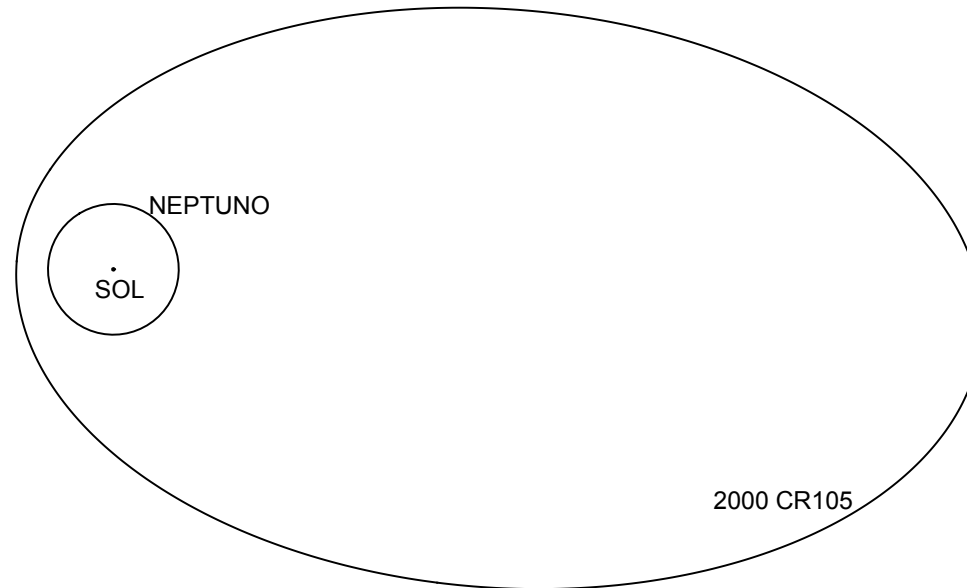
y otras ...

Ejemplos

- **Luna: spin-orbita 1:1**
- **Mercurio: spin-orbita (1 día mercuriano = 2 años mercurianos)**
- **Asteroides con Jupiter (3:2, 2:1, Troyanos)**
- **Satelites Galileanos: Laplaciana $\lambda_I - 3\lambda_E + 2\lambda_G$ y spin-orbita**
- **Satelites de Saturno y Urano**
- **Jupiter y Saturno: cuasi resonancia 5:2 (Laplace)**
- **Urano y Neptuno: cuasi resonancia 2:1**
- **Neptuno - Pluton: resonancia 2:3**
- **Pluton - Caronte: spin orbita**
- **Anillos**
- **Transneptunianos: plutinos (2:3), twotinos (1:2), etc**
- **Satelites artificiales y Sistemas extrasolares**

Resonancias orbitales: localización en semieje (*a*)

Supongamos un objeto en órbita elíptica perturbado por un planeta:



Existe resonancia cuando:

$$\frac{T_{Planeta}}{T_{asteroide}} = \frac{p + q}{p}$$

siendo p y q números enteros

Entonces, por la tercera ley de Kepler:

$$a_{res} \simeq a_{Pla} \left(\frac{p}{p+q} \right)^{2/3}$$

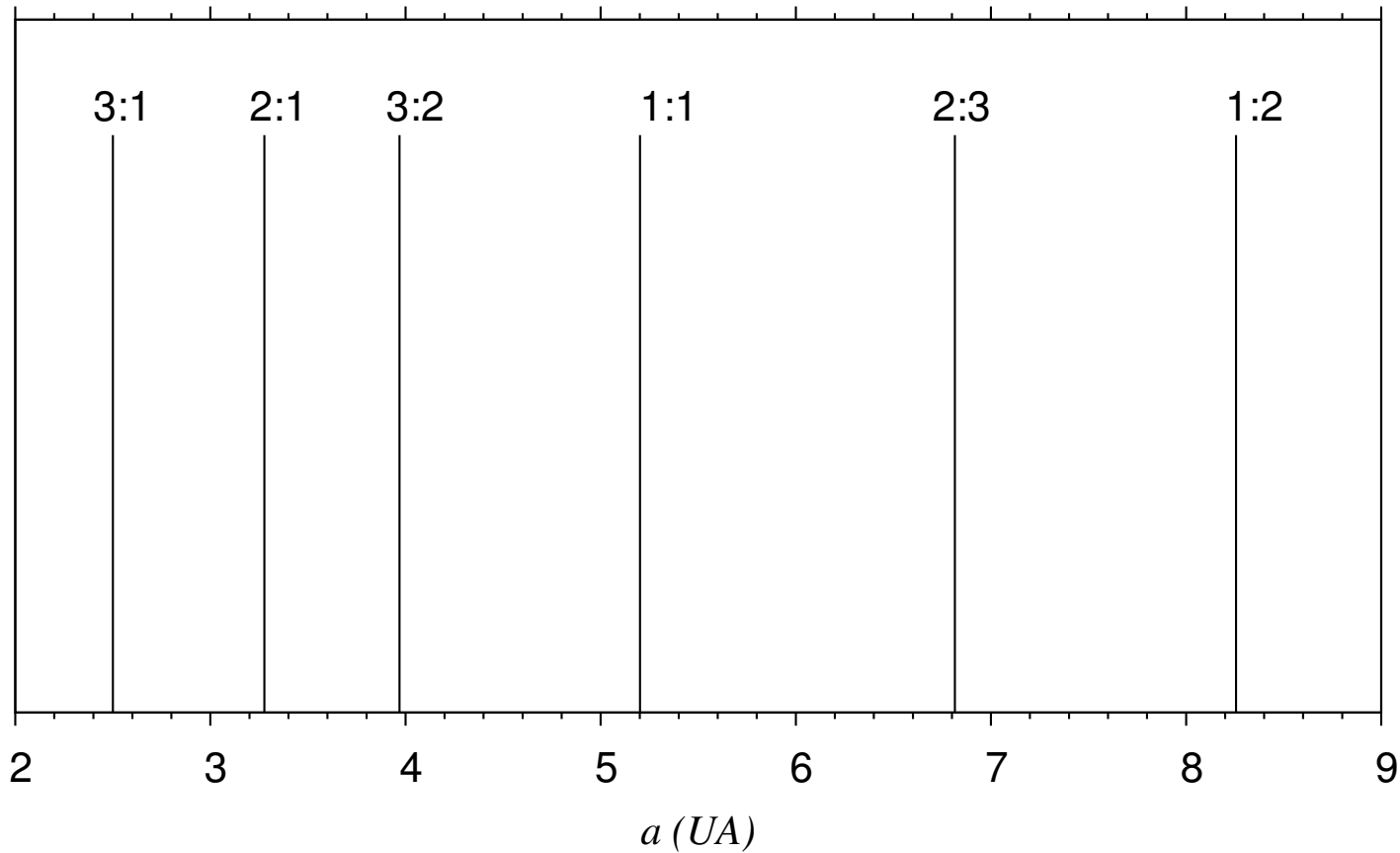


Figure 1: localización de algunas resonancias con Jupiter.

...hay muchas... pero muuuuchas resonancias posibles...

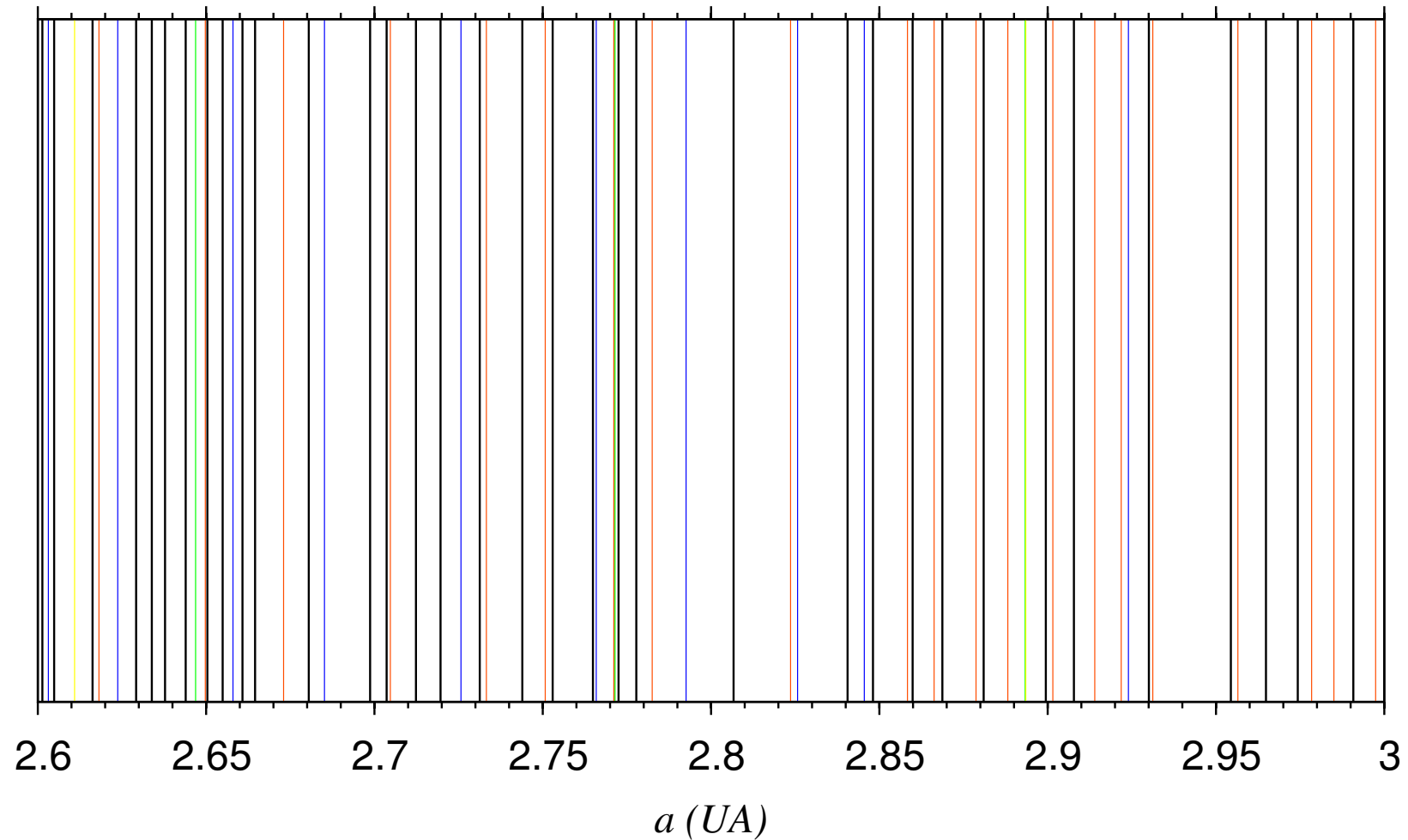


Figure 2: localización de resonancias entre 2.6 y 3.0 UA.

Pero....

¿cuántas resonancias **dinámicamente relevantes existen
entre (a_1, a_2) ?**

**Ideamos un método numérico y un programa para
evaluar la **FUERZA** de una resonancia**

publicado en Icarus 184, 29-38

Ejemplo de utilización del método

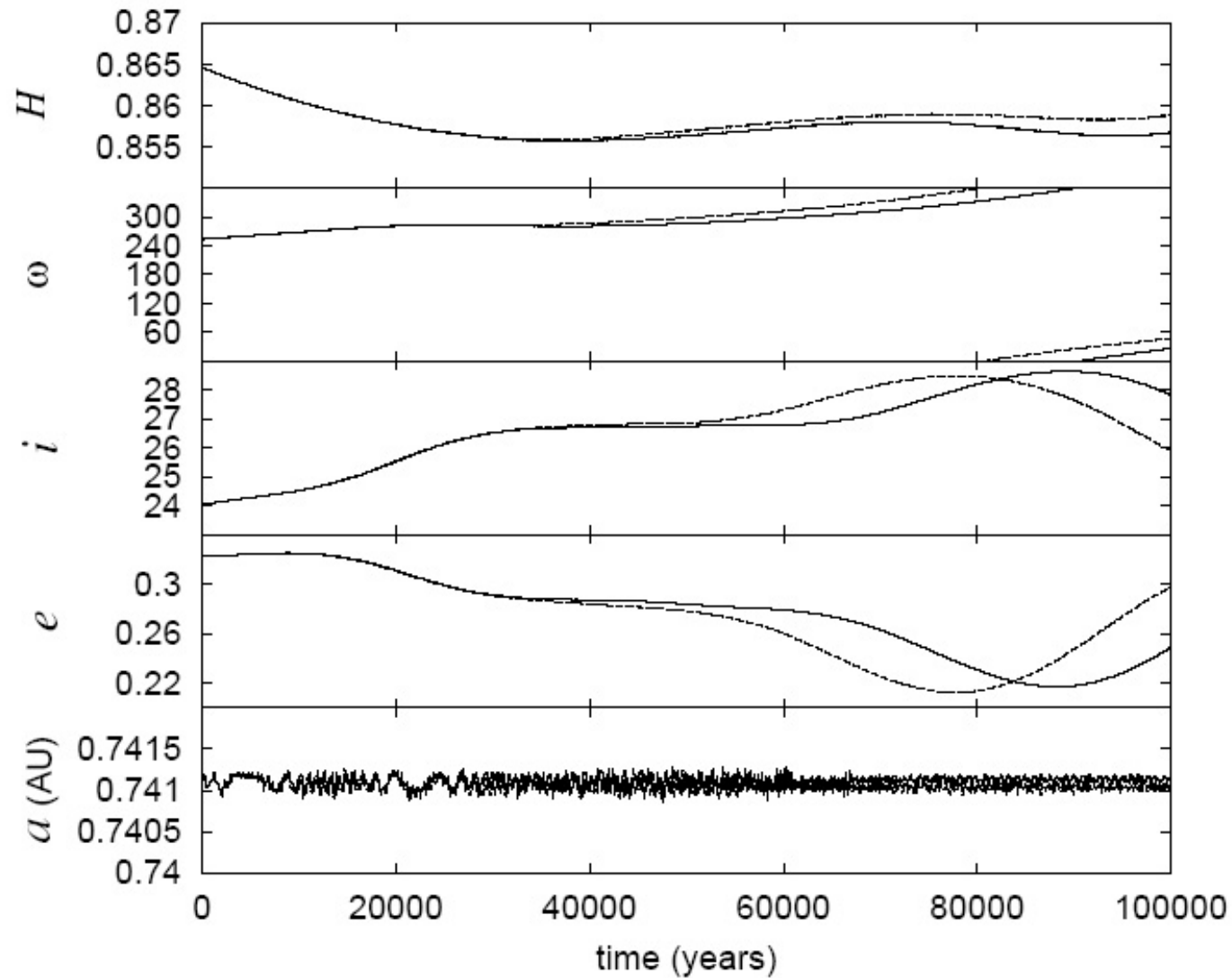
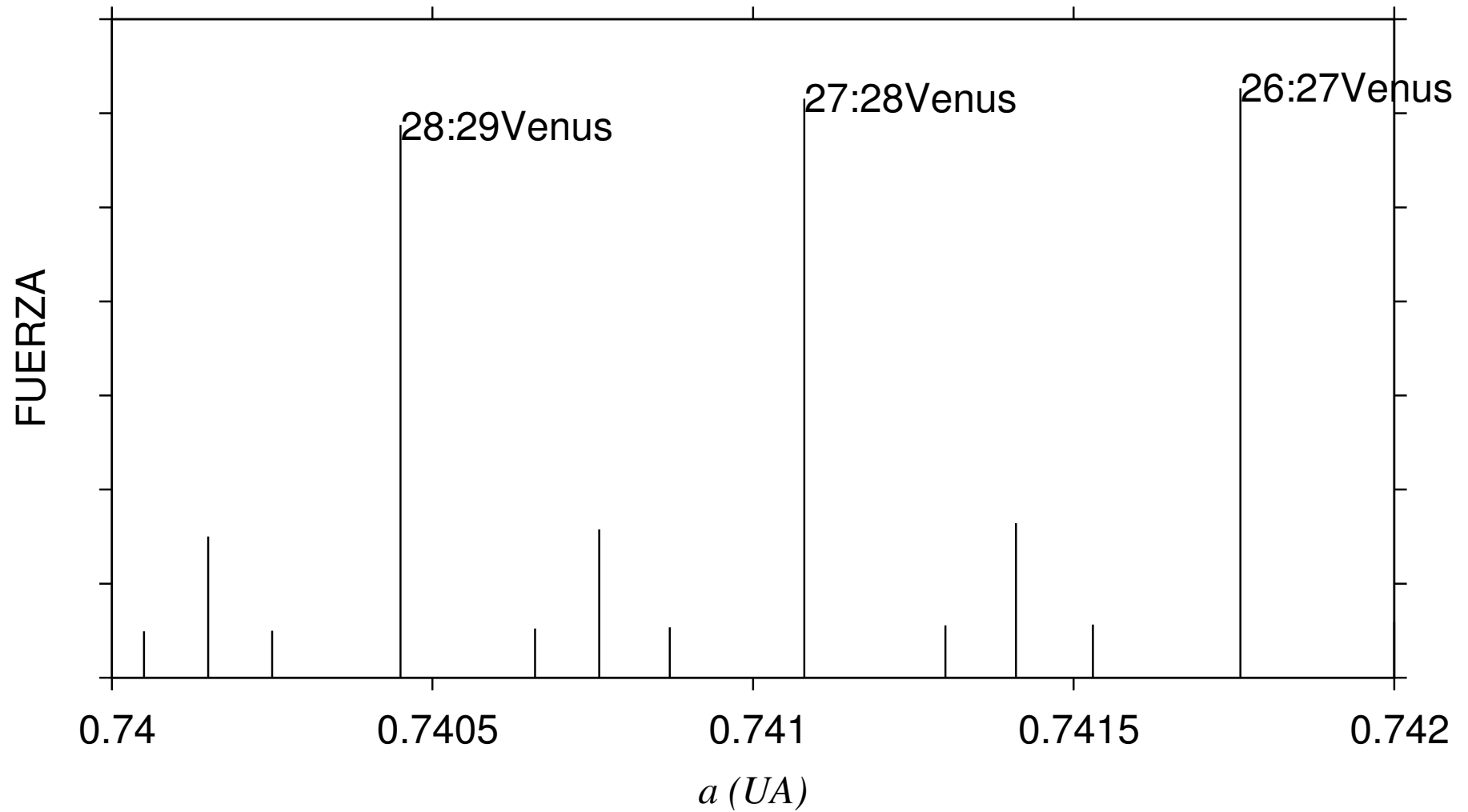
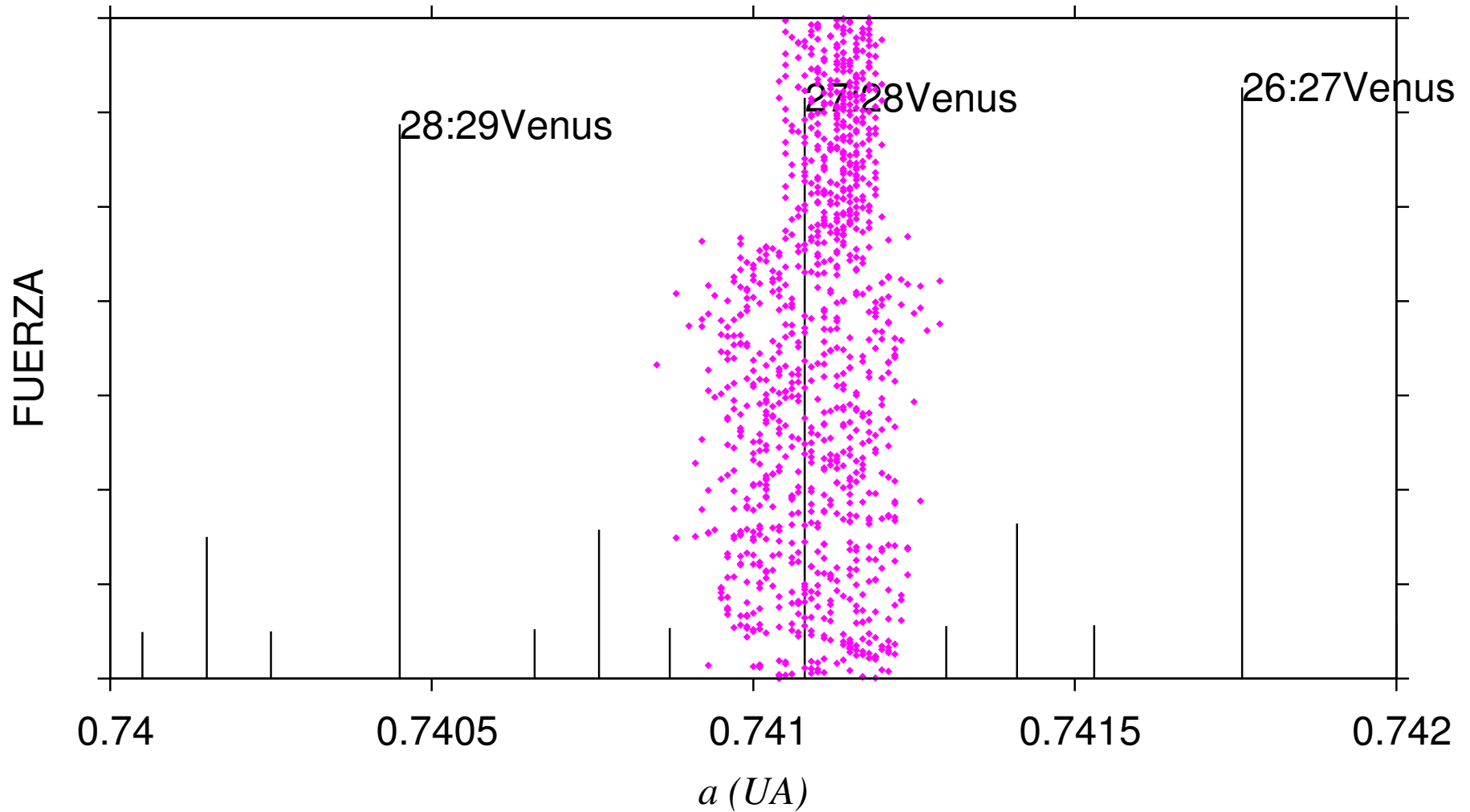


Figure 3: Asteroide 2003 CP20

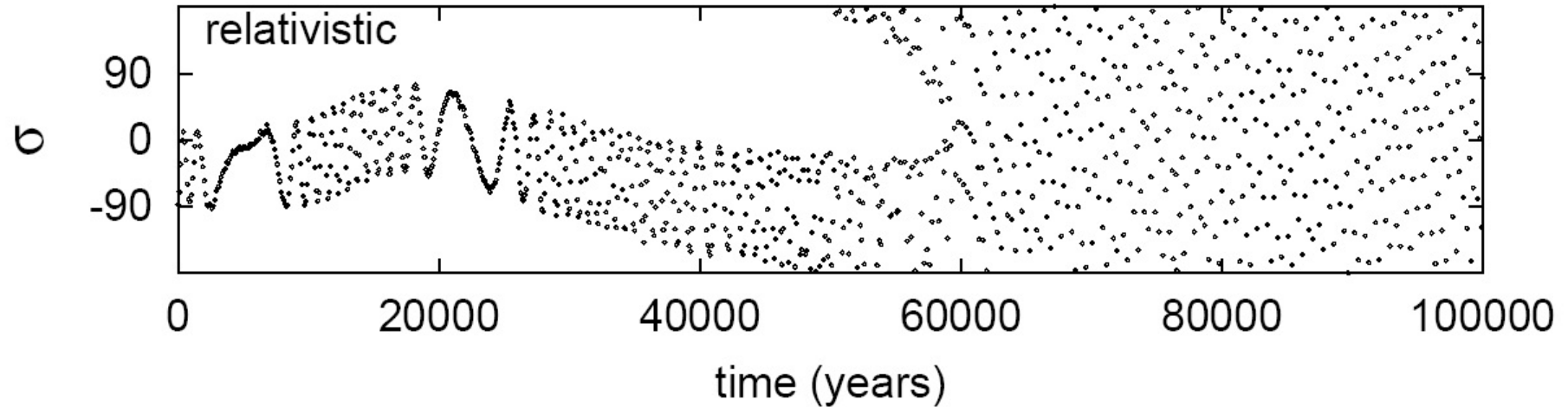
calculamos las resonancias existentes entre 0.740 y 0.742 UA



superponemos los valores de a del asteroide



y finalmente verificamos el ángulo crítico

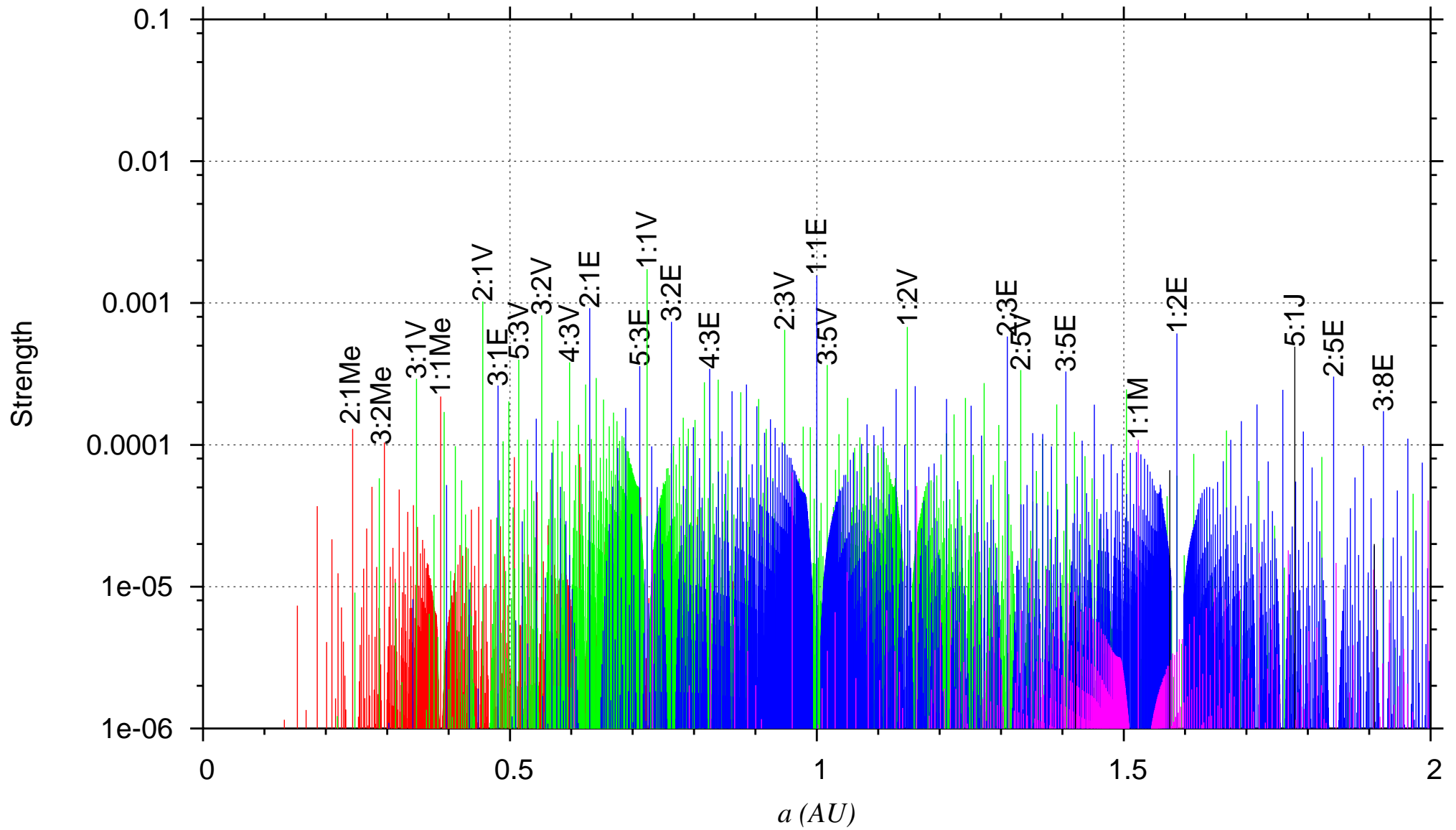


en consecuencia el asteroide 2003 CP20 se encuentra en la resonancia 27:28 con Venus

RESULTADOS:

Resonancias en el Sistema Solar

Región de los planetas terrestres



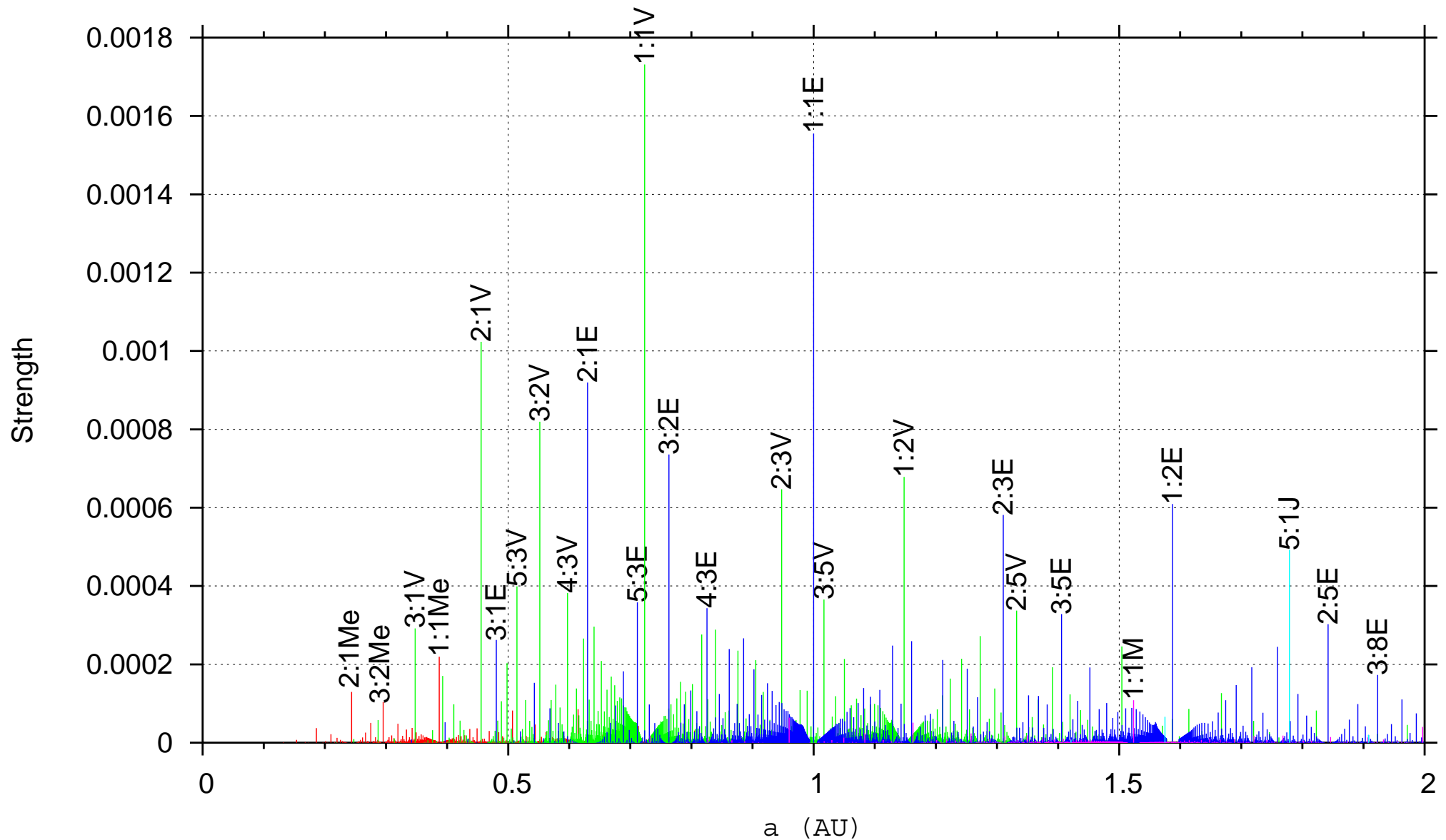


Figure 4: Encontramos asteroides en 6:5V, 1:2V, 1:2E, 2:5E y coorbitales de Venus, Tierra y Marte.

Objetos reales en resonancia con planetas terrestres (1)

Nombre	a (UA)	e	$i(^{\circ})$	$\omega(^{\circ})$	resonancia	$\sigma(^{\circ})$
2004 XY60	0.640	0.79	23.7	131	6:5V *	lib at 320, amp 150
2002 VE68	0.723	0.41	8.9	356	1:1V	QS
2001 CK32	0.725	0.38	8.1	234	1:1V	HS
2004 GU9	1.000	0.13	13.6	281	1:1E	QS
1994 TF2	0.993	0.28	23.7	350	1:1E	HS-QS
2004 BO41	0.997	0.47	34.9	256	1:1E *	HS-QS
85770 1998 UP1	0.998	0.34	33.1	234	1:1E *	HS-QS
2001 GO2	1.006	0.16	4.6	265	1:1E	HS-QS
2000 WN10	1.001	0.29	21.4	225	1:1E *	HS-QS
2002 AA29	0.994	0.01	10.7	100	1:1E	HS
2003 YN107	0.997	0.01	4.2	84	1:1E	HS
3753 Cruithne	0.997	0.51	19.8	44	1:1E	HS
1997 AQ18	1.147	0.46	17.3	37	1:2V *	lib at 290, amp 40
2000 EF104	1.147	0.41	10.8	347	1:2V *	lib at 295, amp 15
2005 ML13	1.147	0.24	6.8	221	1:2V *	lib at 80, amp 40
2002 AA	1.147	0.30	11.2	65	1:2V *	HS
1994 CB	1.149	0.14	18.2	288	1:2V	HS

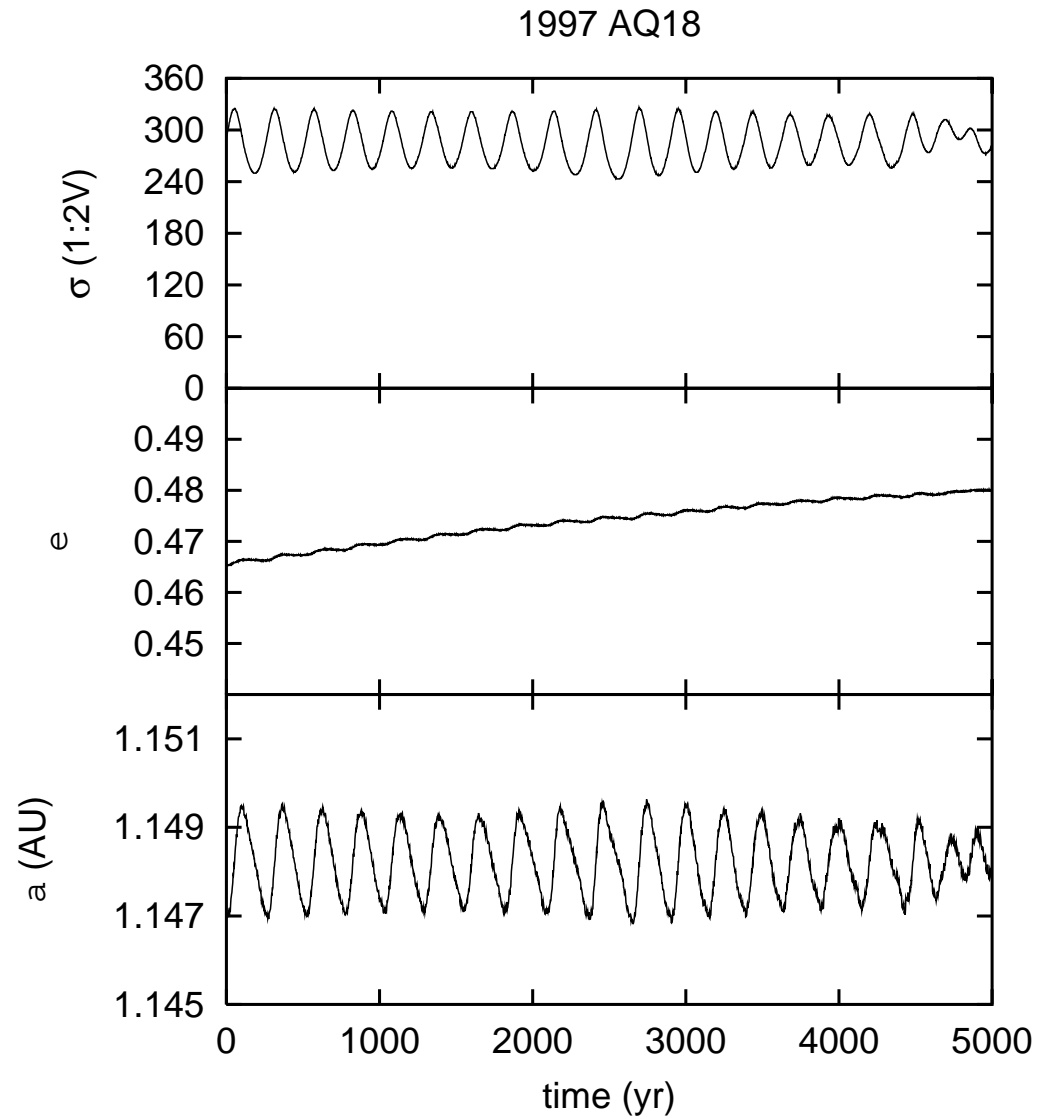


Figure 5: Asteroide 1997 AQ18 en la resonancia 1:2 con Venus (próxima a la Tierra!).

Objetos reales en resonancia con planetas terrestres (2)

Nombre	a (UA)	e	$i(^{\circ})$	$\omega(^{\circ})$	resonancia	$\sigma(^{\circ})$
2001 DH47	1.522	0.03	24.3	16	1:1M	lib at 290, amp 40
5261 Eureka	1.523	0.06	20.2	96	1:1M	lib at 301, amp 6
101429 1998 VF31	1.524	0.10	31.2	310	1:1M	lib at 295, amp 25
1999 UJ7	1.524	0.03	16.7	48	1:1M	lib at 70, amp 40
36017 1999 ND43	1.522	0.31	5.5	52	1:1M *	HS
2005 XD1	1.586	0.29	17.9	199	1:2E *	HS
1996 DH	1.586	0.27	17.2	351	1:2E *	lib at 280, amp 40
2000 VF39	1.587	0.16	33.7	221	1:2E *	lib at 70, amp 40
2000 SC45	1.841	0.17	25.3	77	2:5E *	lib at 165, amp 115
2004 JY6	1.841	0.07	32.8	348	2:5E *	lib at 180, amp 60
2004 XB	1.841	0.09	11.7	61	2:5E *	lib at 130, amp 50
2004 RQ9	1.842	0.09	18.4	85	2:5E *	lib at 320, amp 30
1999 JB11	1.842	0.25	37.1	31	2:5E *	lib at 170, amp 170
2003 YP22	1.842	0.11	16.3	267	2:5E *	lib at 230, amp 120

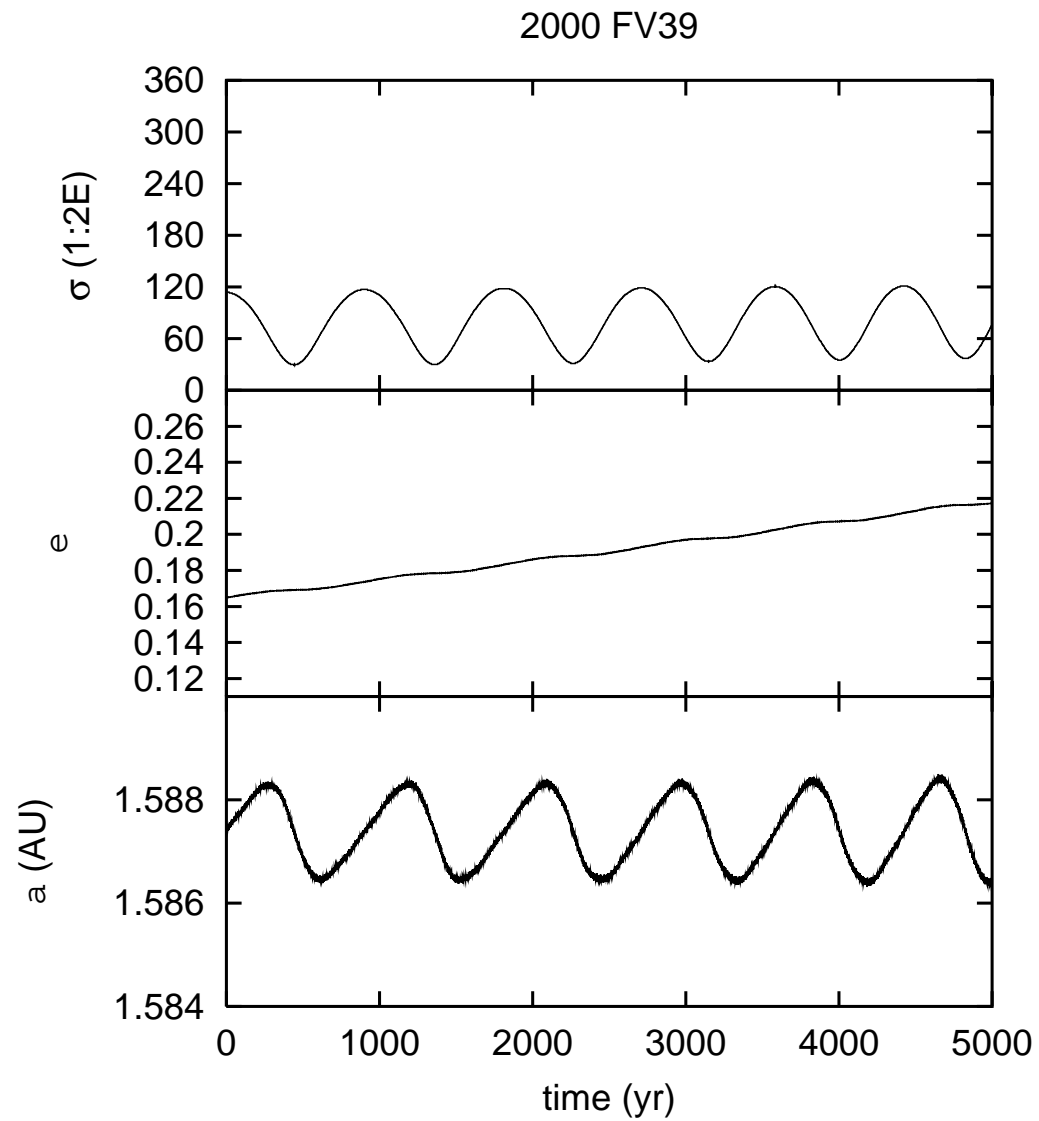


Figure 6: Asteroide 2000 FV39 en la resonancia 1:2 con Tierra, (próxima a Marte!).

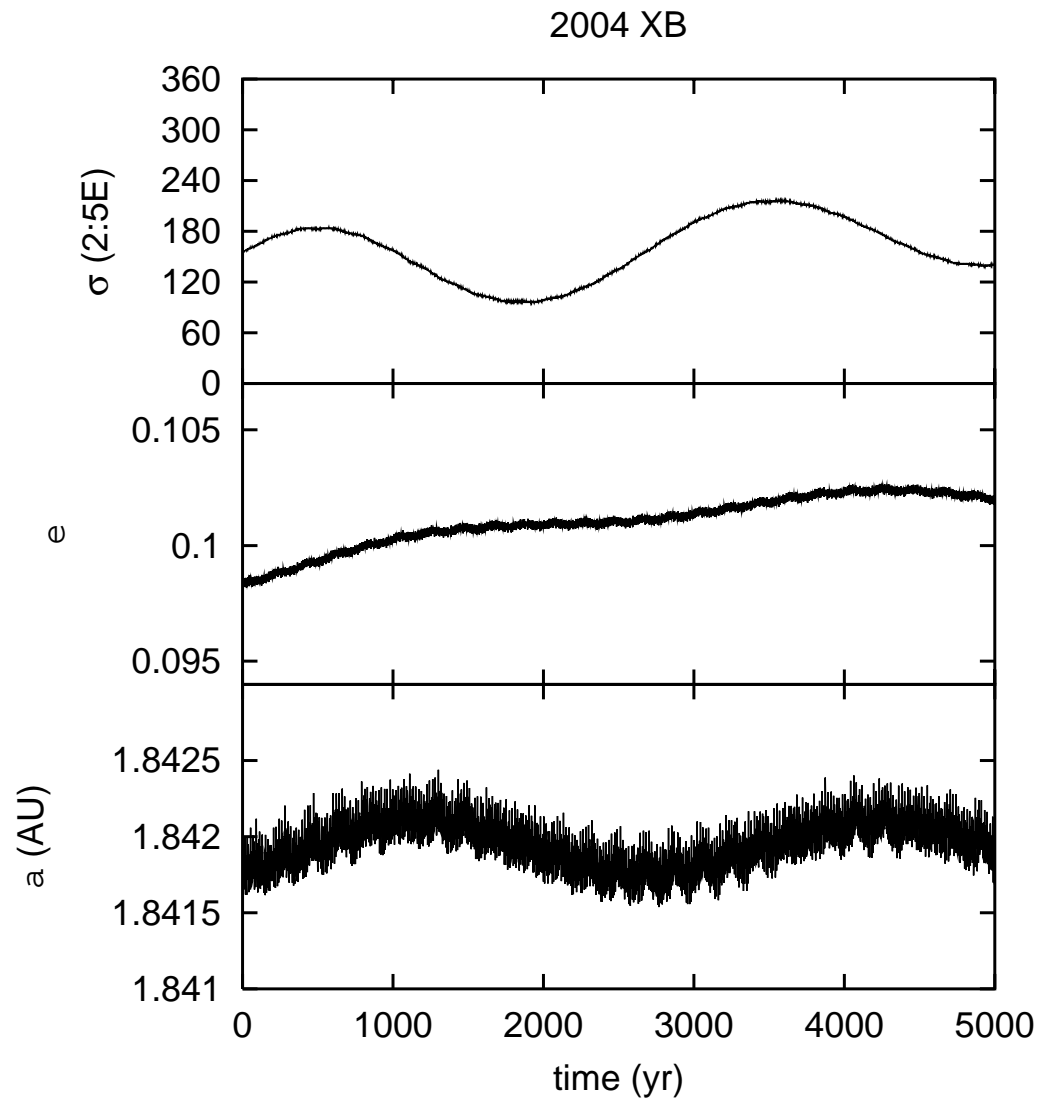
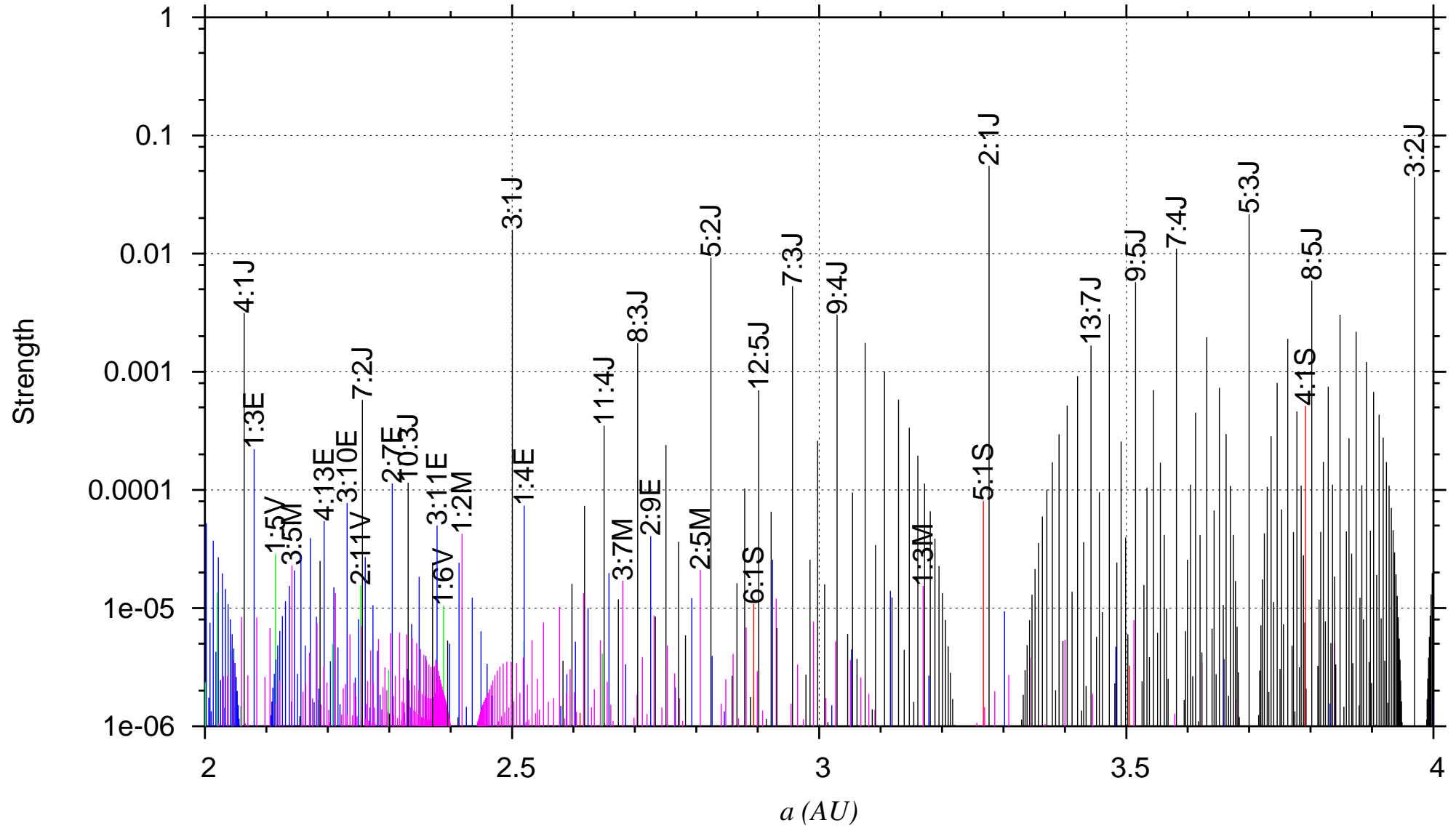


Figure 7: Asteroide 2004 XB en la resonancia 2:5 con Tierra.

Región del cinturón de asteroides



Dominio de Júpiter

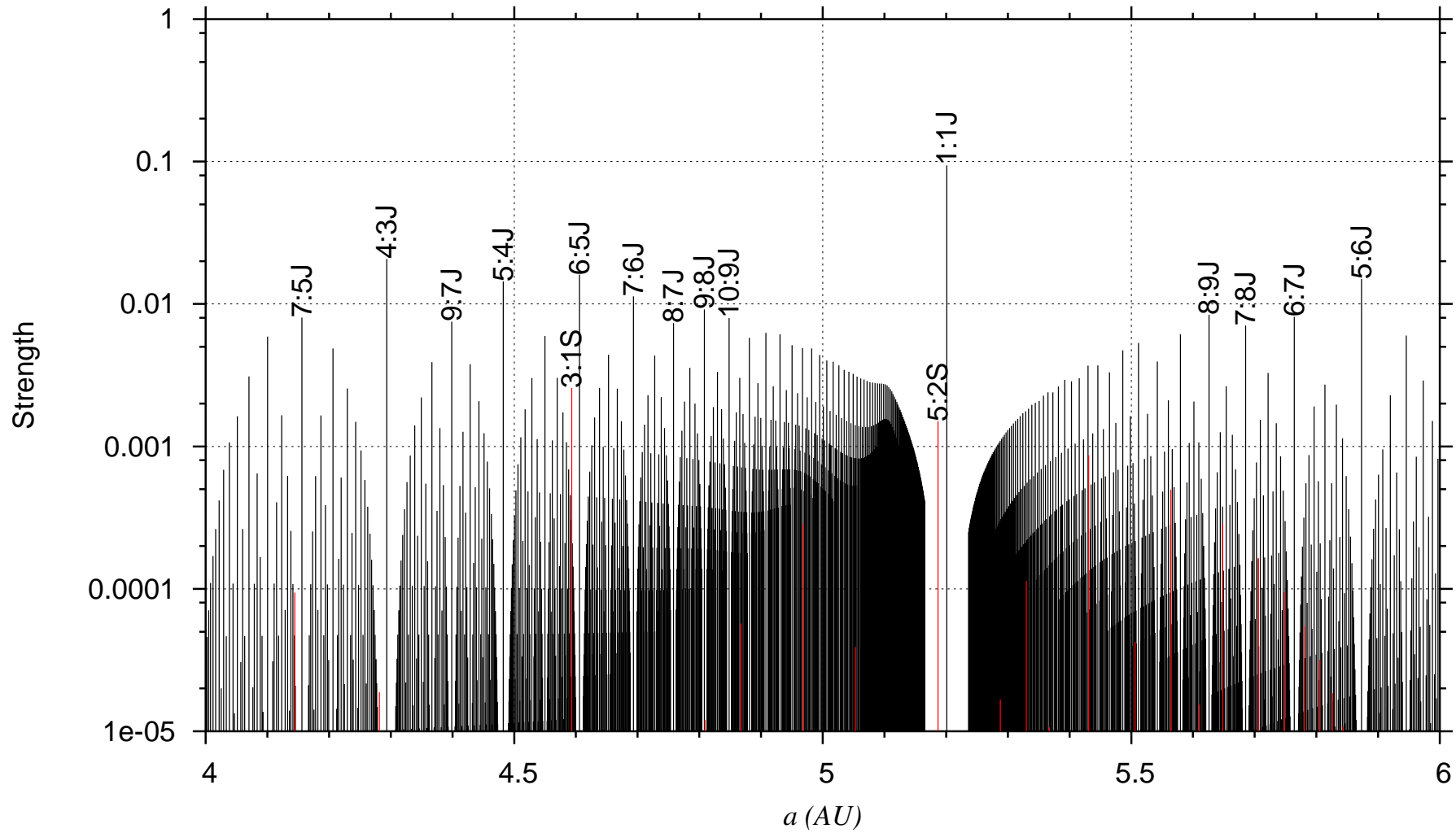


Figure 8: Encontramos un objeto en 5:6J.

Región de los centauros

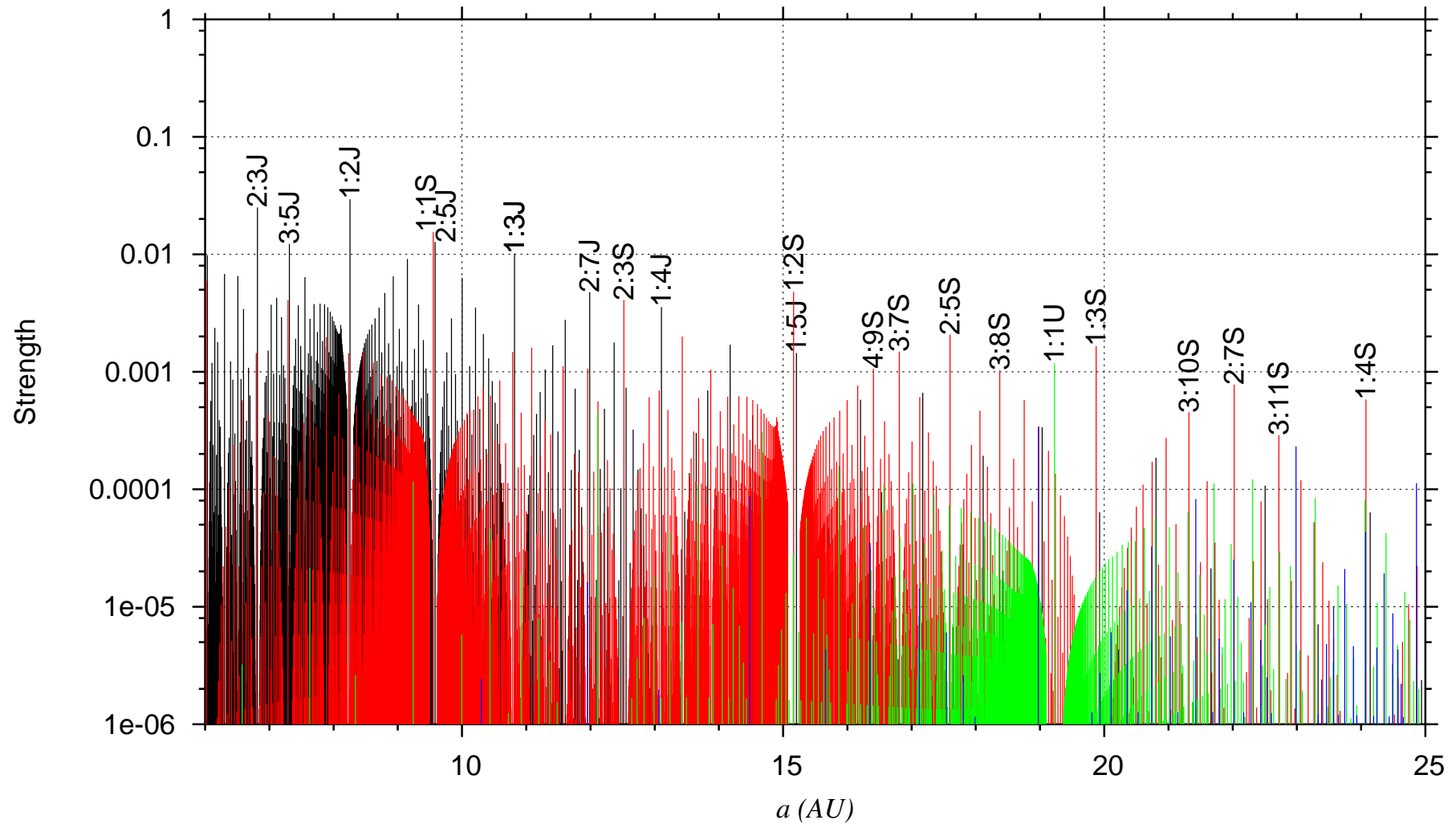


Figure 9: Encontramos objetos en 1:1S, 1:2S, 1:1U, 2:7S, 1:4S.

Región Transneptuniana

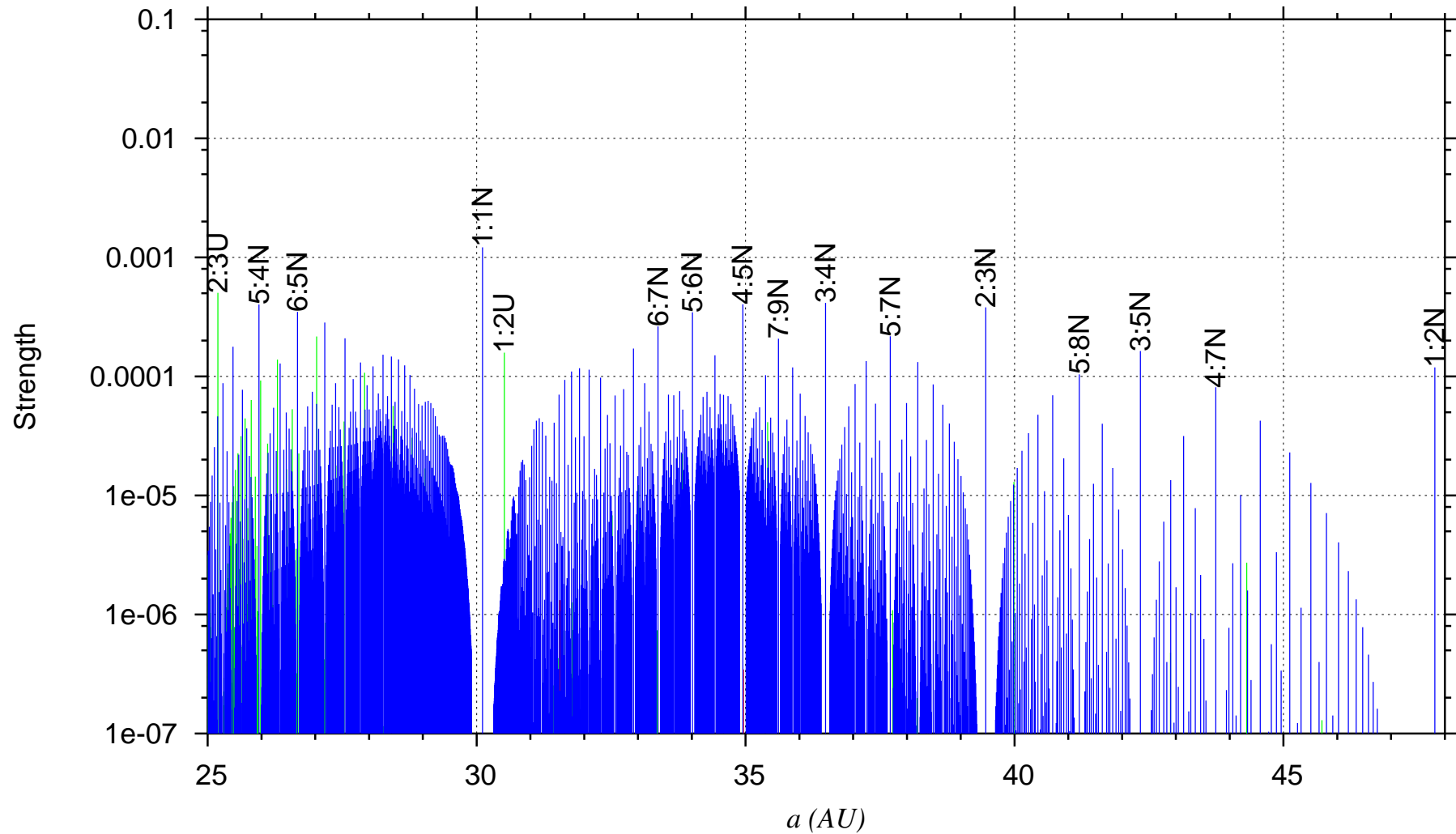
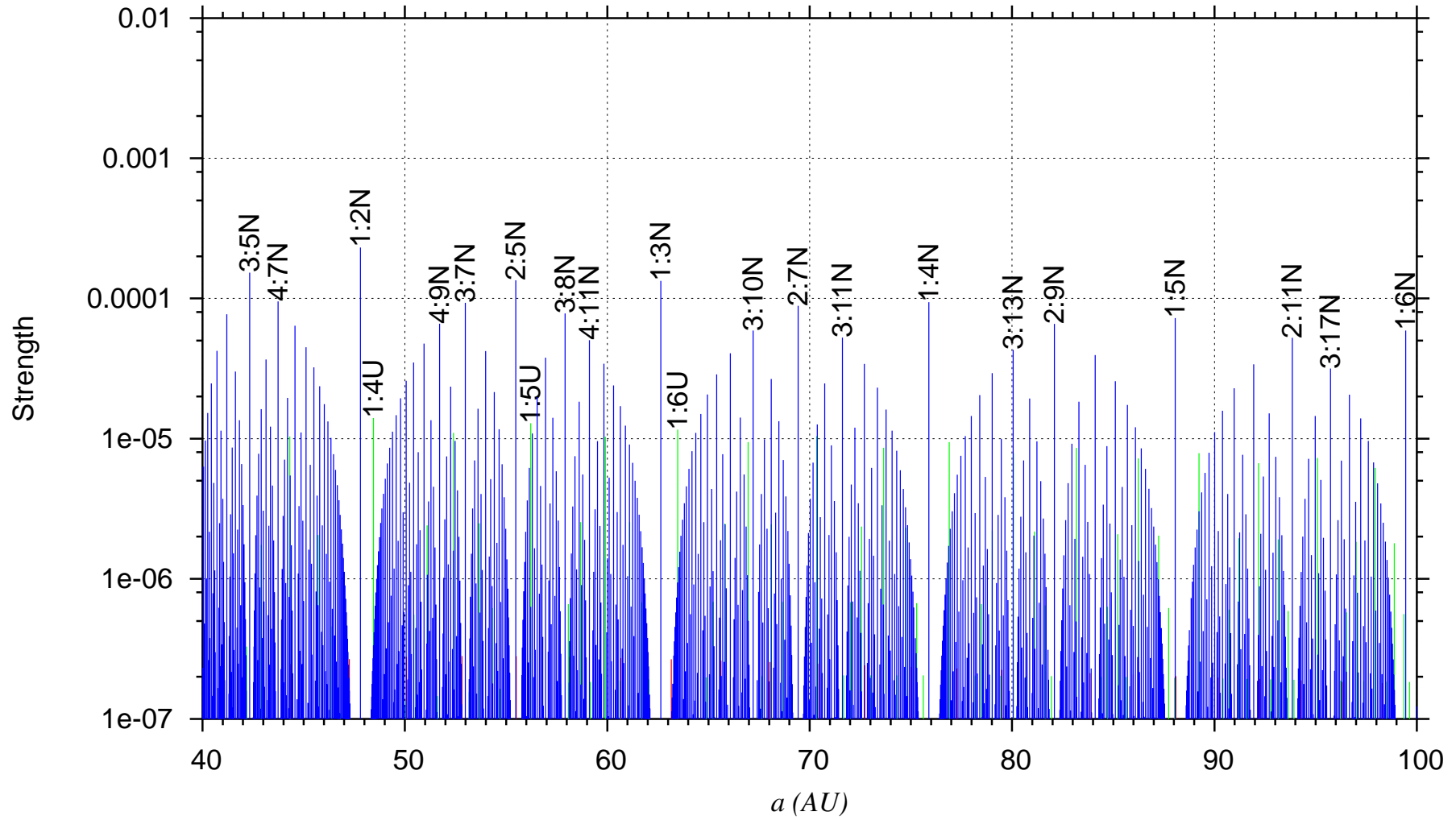
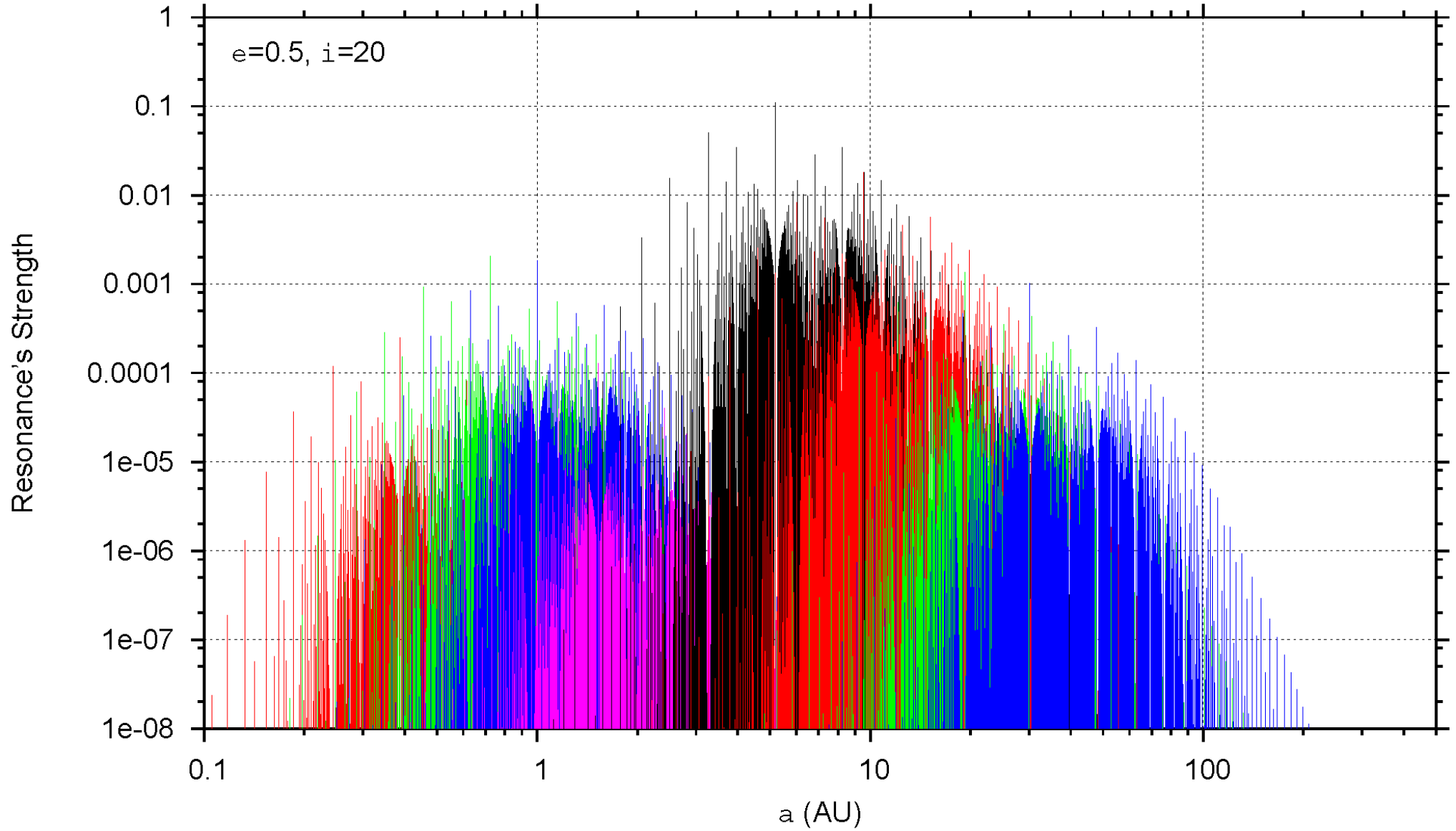


Figure 10: Encontramos objetos en 2:3U, 1:1N, 1:2U.

Región del Disco Dispersado



Vision conjunta



CONCLUSIONES

- encontramos un método para evaluar la "fuerza" de una resonancia
- construimos el primer Atlas de Resonancias para el Sistema Solar
- hallamos varias resonancias "fuertes" con los planetas terrestres
- encontramos varios objetos reales en resonancias inusuales
- por primera vez tenemos asteroides en las resonancias 6:5V, 1:2E, 2:5E, 5:6J, 1:5J, 2:7S, 1:4S, 2:3U, 1:2U (y cosas raras mas allá de Neptuno)
- encontramos nuevos coorbitales de la Tierra, Marte, Saturno, Urano y Neptuno

**GRACIAS y
¡HASTA LA PRÓXIMA!**