

Dinámica de los satélites Galileanos

Tabaré Gallardo,
Leonardo Coito y Luciana Badano

Facultad de Ciencias
Universidad de la República
Uruguay

Reunión Anual SUA, 28 de Noviembre 2015

1784: resonancia Laplaciana



Resonancias tomados de a 2:

$$2n_{Europa} - n_{Io} \simeq 0$$

$$2n_{Ganimedes} - n_{Europa} \simeq 0$$

$$3\lambda_{Europa} - \lambda_{Io} - 2\lambda_{Ganimedes} \simeq 180^\circ$$

$$3n_{Europa} - n_{Io} - 2n_{Ganimedes} \simeq 0$$



Laplace: tiene que ser el resultado de algun mecanismo físico.

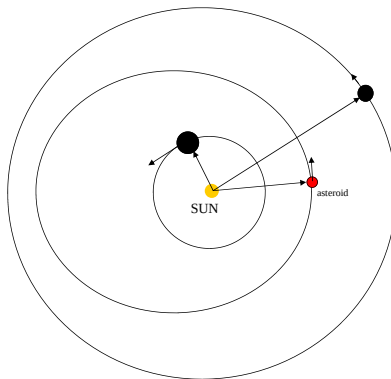
¿Qué mecanismo domina el movimiento?



- ¿la resonancia $2n_{Europa} - n_{Io} \simeq 0$?
- ¿la resonancia $2n_{Ganimedes} - n_{Europa} \simeq 0$?
- ¿la resonancia $3n_{Europa} - n_{Io} - 2n_{Ganimedes} \simeq 0$?

Resonancias de 3 cuerpos: restricto

$$k_0 n_0 + k_1 n_1 + k_2 n_2 \simeq 0$$



Buscar en internet "TBR locator" para android.

Resonancias de 3 cuerpos masivos

Planetary and satellite three body mean motion resonances.

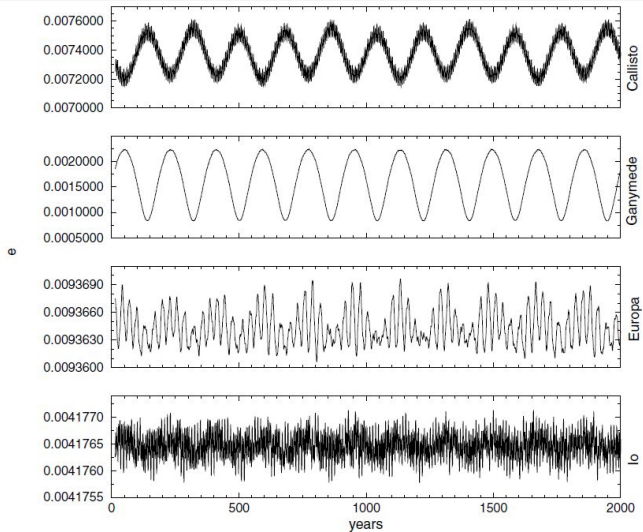
Tabaré Gallardo*, Leonardo Coito, Luciana Badano

Departamento de Astronomía, Instituto de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Igúá 4225, 11400 Montevideo, Uruguay

Abstract

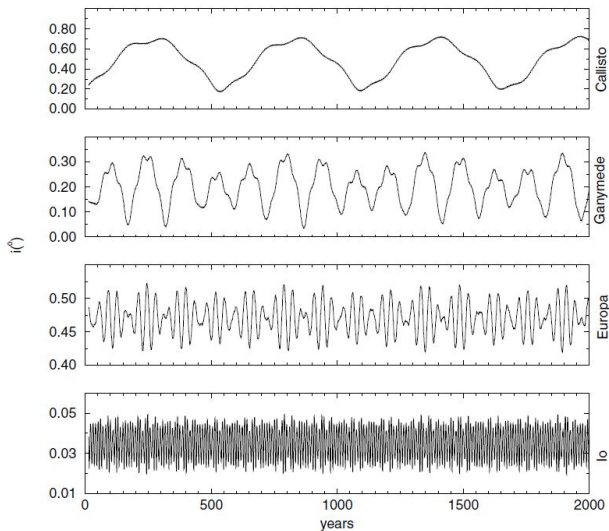
DRAFT VERSION We propose a semianalytical method to compute the strengths on each of the three massive bodies participating in a three body mean motion resonance (TBR). This method follows the idea proposed by Gallardo (2014) and is generalized to systems with arbitrary orbits and masses. Applying this method we explore

Excentricidades: acople Ganímedes - Calisto



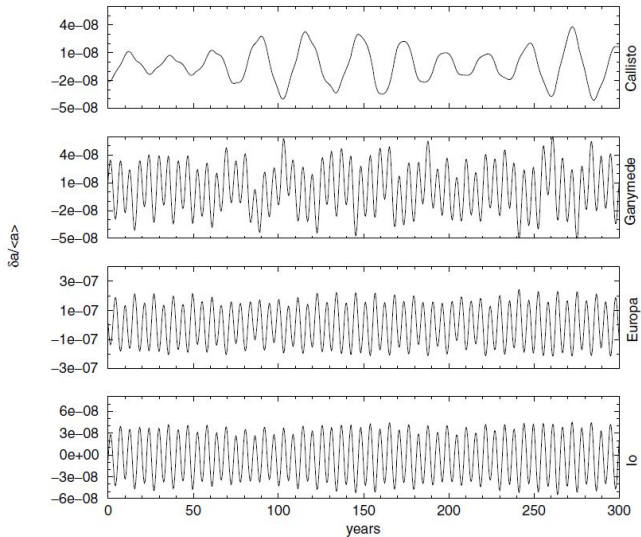
Musotto et al. 2002

Inclinaciones



Musotto et al. 2002

Semiejes: resonancia Laplaciana



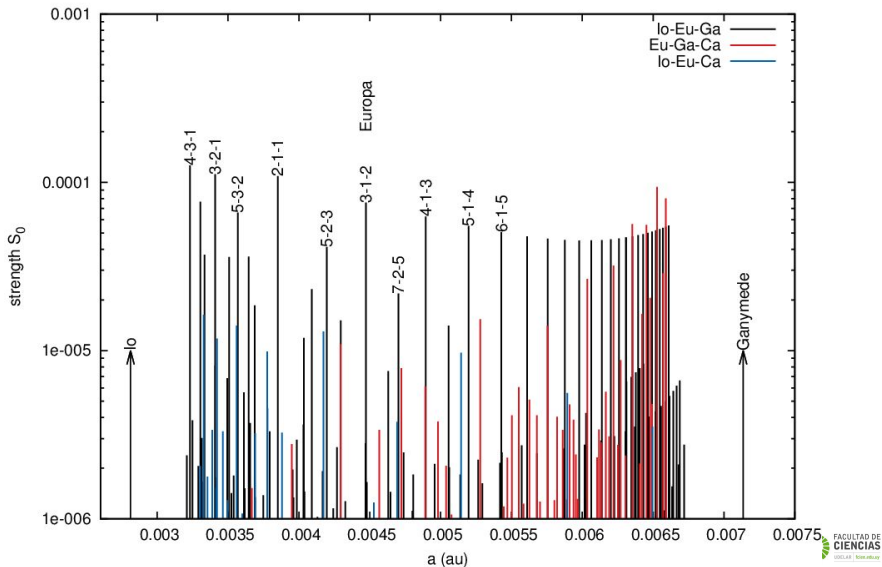
Musotto et al. 2002

Lainey et al. 2009

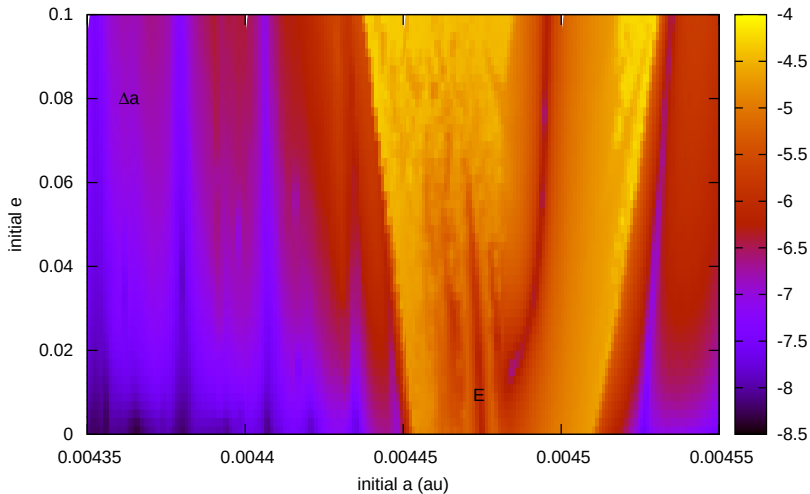
Table 1 | A selection of secular mean-motion accelerations published for the three inner Galilean moons

Ref.	Secular mean-motion acceleration ($\dot{n}/n$) (10^{-10} yr^{-1})		
	Io	Europa	Ganymede
9	$+3.3 \pm 0.5$	$+2.7 \pm 0.7$	$+1.5 \pm 0.6$
10	-0.074 ± 0.087	-0.082 ± 0.097	-0.098 ± 0.153
24	$+4.54 \pm 0.95$	$+5.6 \pm 5.7$	$+2.8 \pm 2.0$
25	$+2.27 \pm 0.70$	-0.67 ± 0.80	$+1.06 \pm 1.00$
26	$+3.6 \pm 1.0$	—	—
This paper	$+0.14 \pm 0.01$	-0.43 ± 0.10	-1.57 ± 0.27

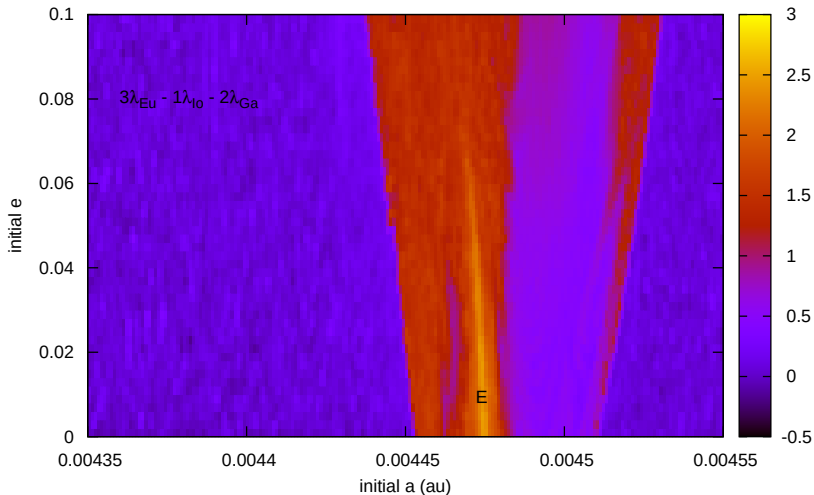
Aplicación de nuestra teoría



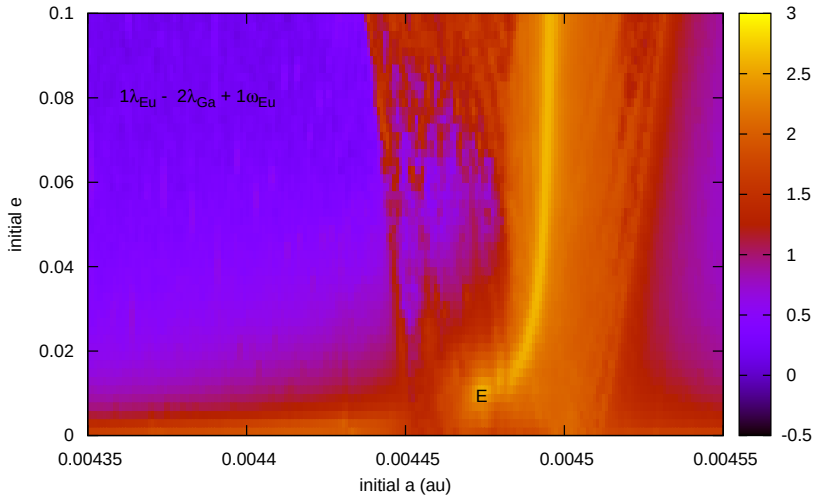
Europa: mapa dinámico (Δa)

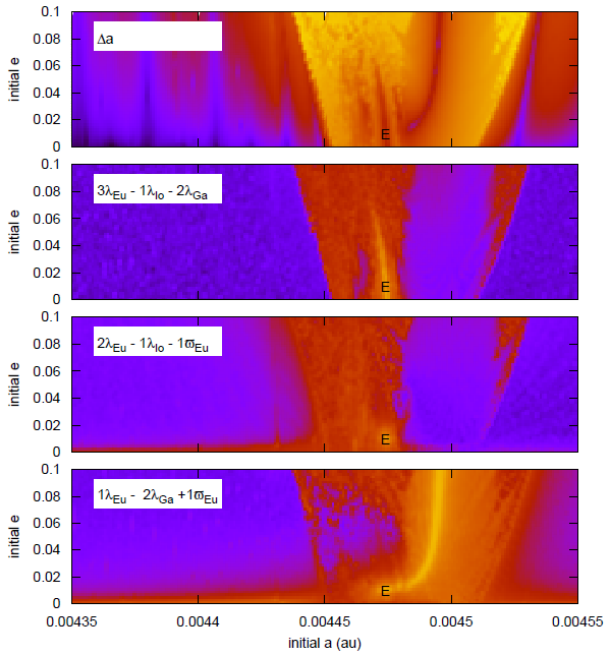


Angulo critico $3\lambda_{Europa} - \lambda_{Io} - 2\lambda_{Ganimedes}$



Angulo crítico $2\lambda_{Ganimedes} - \lambda_{Europa}$





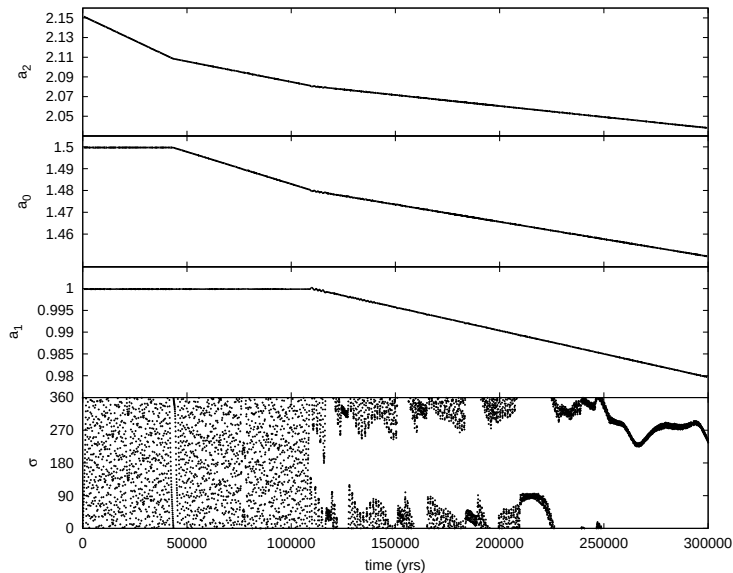
Experimento: migración forzada de Io hacia Júpiter

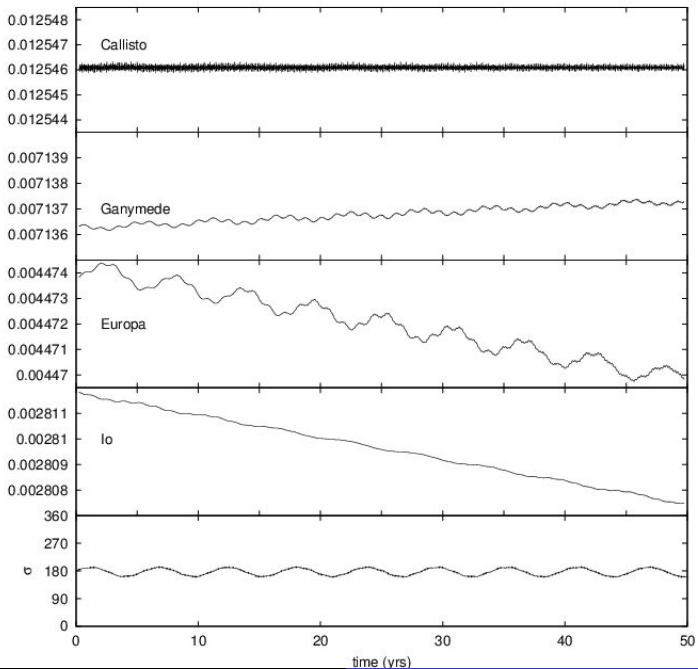
Integración numérica imponiendo:

$$\frac{da_{Io}}{dt} < 0$$

- si están en resonancia todos tendrán que migrar
- si no están en resonancia, sólo migrará Io

Ejemplo de captura en 2 resonancias de 2 cuerpos





Migración: resonancia de 2 cuerpos versus de 3 cuerpos

resonancia de 2 cuerpos

$$n_E - 2n_G \simeq 0$$

$$\Delta n_E \simeq 2\Delta n_G$$

resonancia de 3 cuerpos

$$3n_E - n_I - 2n_G \simeq 0$$

$$3\Delta n_E - 2\Delta n_G \simeq \Delta n_I$$

En las resonancias de 3 cuerpos las migraciones **no tienen por qué ocurrir todas en la misma dirección.**

- Los satélites Galileanos están dominados por la resonancia Laplaciana de 3 cuerpos
- Es una de las resonancias de 3 cuerpos más fuertes y aislada de otras resonancias
- La resonancia Europa - Ganimedes agrega una pequeña oscilación
- La resonancia Io - Europa no aporta a la dinámica
- La resonancia Laplaciana sobrevive fácilmente a las mareas actuales de Júpiter sobre Io