

CARACTERIZACIÓN
DEL
SISTEMA PLANETARIO
HD 95086

Francisco J. Pozuelos⁽¹⁾,
Jose R. Rodón⁽¹⁾,
Zaira Modroño⁽¹⁾ y
Juan C. Suarez⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto de Astrofísica de Andalucía-
CSIC

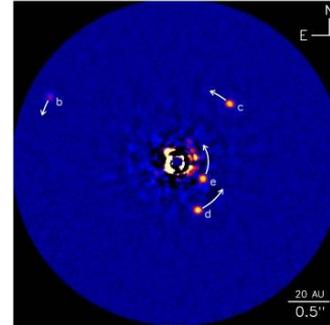
⁽²⁾ Universidad de Granada

Contenidos

1. El sistema planetario HD 95086
2. Objetivos
3. Resultados preliminares
4. Conclusiones

1. El sistema planetario HD 95086

i. Se considera un análogo al sistema HR 8799.



Marois et al. (2008,2010)

1. El sistema planetario HD 95086

i. Se considera un análogo al sistema HR 8799.

ii. Características principales:

a.- ~130 años luz de distancia

b.- $M_* \sim 1.5M_\odot$; $R_* \sim 1.6R_\odot$; edad ~20-50 Myr

c.- 4 Planetas confirmados HR 8799 b,c,d,e:

c1.- $M_b \sim (5-11)M_J$; $a_b \sim 68$ AU ; $e_b \sim 0$

c2.- $M_c \sim (7-13)M_J$; $a_c \sim 38$ AU ; $e_c \sim 0$

c3.- $M_d \sim (5-11)M_J$; $a_d \sim 24$ AU ; $e_d \sim 0.1$

c4.- $M_e \sim (5-13)M_J$; $a_e \sim 15$ AU ; $e_e \sim ?$

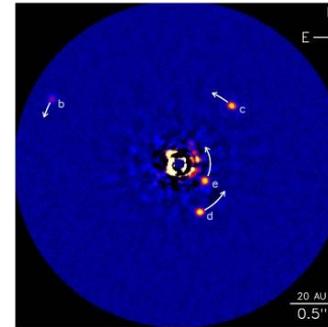
c5.- Resonancia 1:2:4:8

d.- Tres discos de planetesimales:

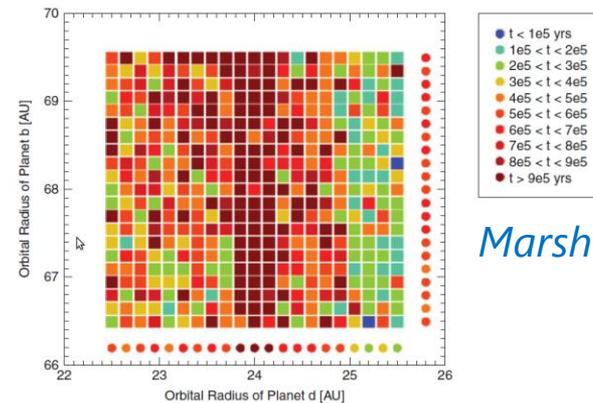
d1.- Disco caliente ~1-10 AU

d2.- Disco frío ~100-300 AU

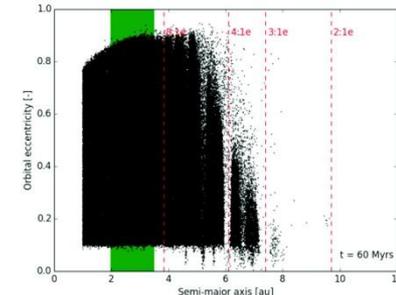
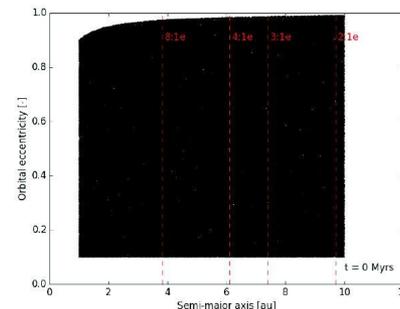
d3.- Halo externo ~1000 AU



Marois et al. (2008,2010)



Marshall et al. (2010)

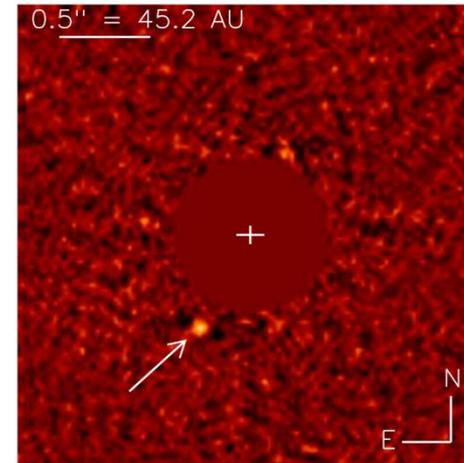


Su et al. (2009)

Contro et al. (2015)

1. El sistema planetario HD 95086

i. Descubierto en 2013 (*Rameau et al. 2013*)



1. El sistema planetario HD 95086

i. Descubierta en 2013 ([Rameau et al. 2013](#))

ii. Características principales:

a.- ~300 años luz de distancia

b.- $M_* \sim 1.6 M_\odot$; $R_* \sim 1.6 R_\odot$; edad $\sim (13-21)$ Myr

c.- Planeta confirmado HD 95086 b:

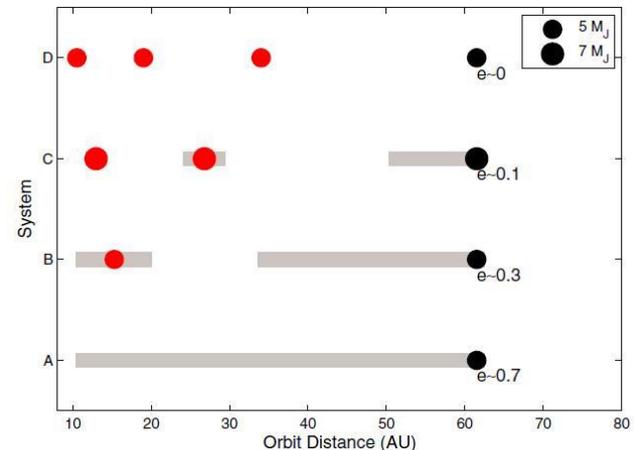
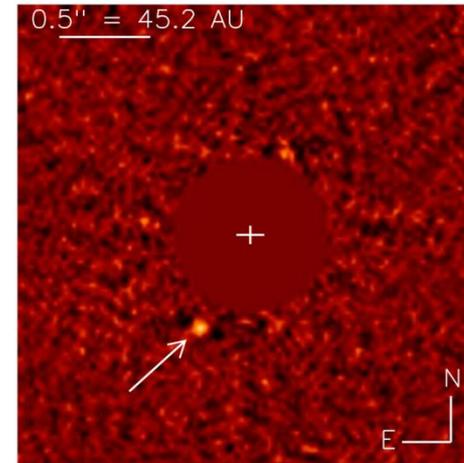
c1.- $M_p \sim (3-7) M_J$; $a_p \sim (56.6-67.2)$ AU ; $e_p \sim ?$

d.- Tres discos de planetesimales:

d1.- Disco caliente (7-10) AU

d2.- Disco frío (70-190) AU

d3.- Halo externo ~800 AU



([Su et al. 2015](#))

2. Objetivos

- i. Caracterizar el sistema planetario HD 95086

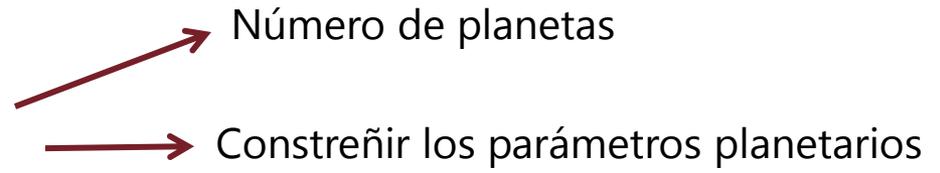
2. Objetivos

i. Caracterizar el sistema planetario HD 95086

 Número de planetas

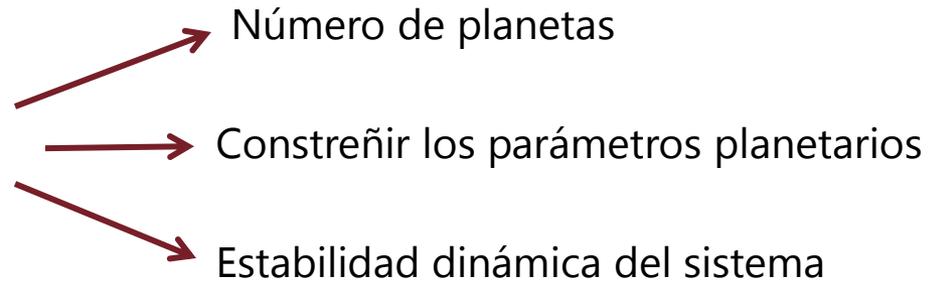
2. Objetivos

i. Caracterizar el sistema planetario HD 95086



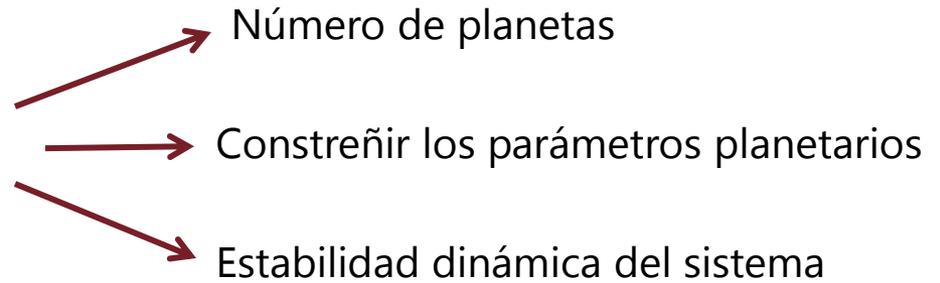
2. Objetivos

i. Caracterizar el sistema planetario HD 95086



2. Objetivos

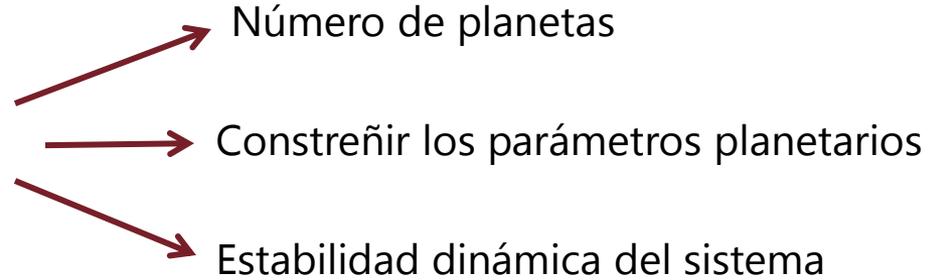
i. Caracterizar el sistema planetario HD 95086



ii. Integrador numérico híbrido (MERCURY) (*Chambers 1999*)

2. Objetivos

i. Caracterizar el sistema planetario HD 95086



ii. Integrador numérico híbrido (MERCURY) (*Chambers 1999*)

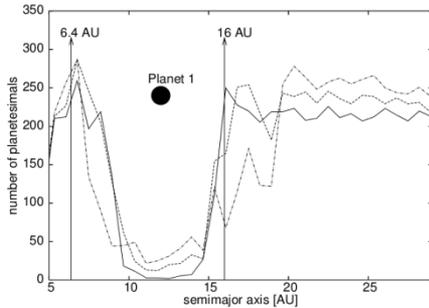


Fig. 2. Effect of a planet at 12 AU with $m = 2M_J$ on the inner part of the disc of β Pic (solid line: $e = 0.01$; dashed line: $e = 0.1$; dashed-dotted line: $e = 0.2$).

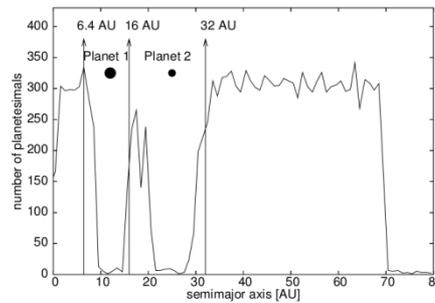


Fig. 5. Influence of two planets at 12 and 25 AU with $m = 2M_J$ and $m = 0.5M_J$ (both with $e = 0.01$) on the disc.

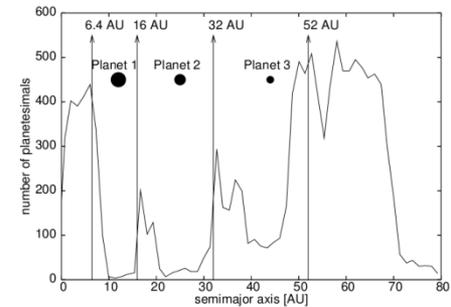


Fig. 6. Effect of three planets at 12, 25 and 44 AU with $m = 2M_J$, $0.5M_J$ and $0.1M_J$ (all with $e = 0.01$) on the disc.

Beta-Pictoris

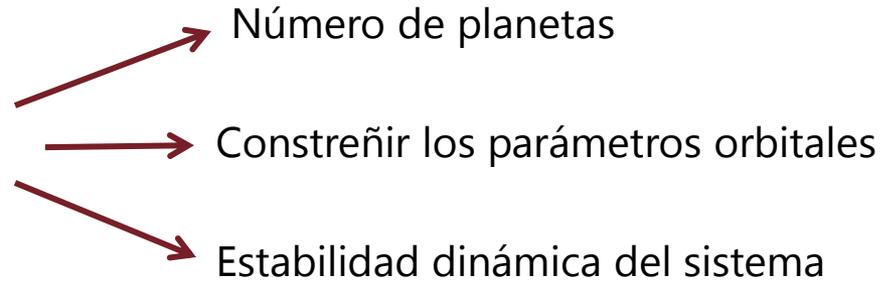
(*Fresistetter et al. 2007*)

Table 2. Parameters for the proposed β Pic planetary system

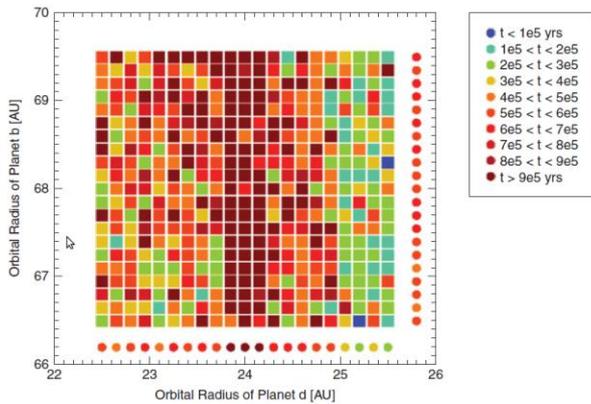
Planet	$m [M_J]$	$a [AU]$	e
1	$2.0^{+3}_{-0.5}$	12 ± 0.5	$0.01^{+0.1}_{-0.01}$
2	0.5 ± 0.1	25 ± 1	$0.01^{+0.05}_{-0.01}$
3	$0.1^{+0.1}_{-0.03}$	44 ± 1	$0.01^{+0.05}_{-0.01}$

2. Objetivos

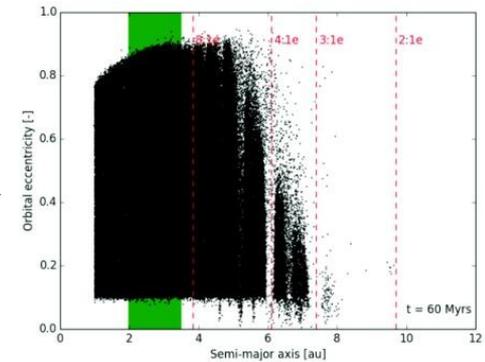
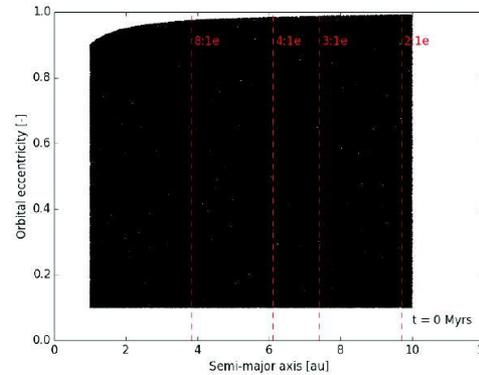
i. Caracterizar el sistema planetario HD 95086



ii. Integrador numérico híbrido (MERCURY) (*Chambers 1999*)



Marshall et al. (2010)



Contro et al. (2015)

3. Resultados preliminares

i. Características principales:

a.- ~300 años luz de distancia

b.- $M_* \sim 1.6M_\odot$; $R_* \sim 1.6R_\odot$; edad $\sim (13-21)$ Myr

c.- Planeta confirmado HD 95086 b:

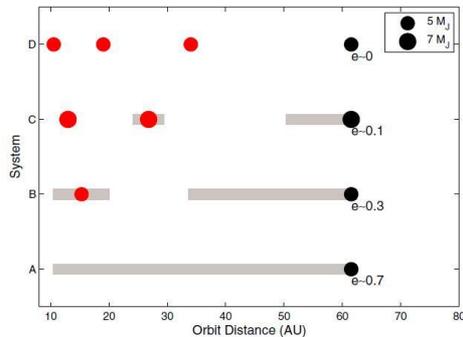
c1.- $M_p \sim (3-7)M_J$; $a_p \sim (56.6-67.2)$ AU ; $e_p \sim ?$

d.- Tres discos de planetesimales:

d1.- Disco caliente $\sim (7-10)$ AU

d2.- Disco frío $\sim (70-190)$ AU

d3.- Halo externo ~ 800 AU



(Su et al. 2015)

3. Resultados preliminares

i. Características principales:

a.- ~300 años luz de distancia

b.- $M_* \sim 1.6M_\odot$; $R_* \sim 1.6R_\odot$; edad~(13-21) Myr

c.- Planeta confirmado HD 95086 b:

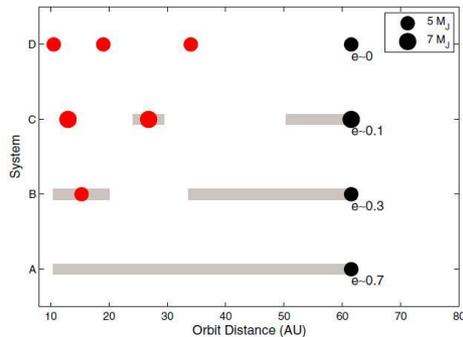
c1.- $M_p \sim (3-7)M_J$; $a_p \sim (56.6-67.2)$ AU ; $e_p \sim ?$

d.- Tres discos de planetesimales:

d1.- Disco caliente ~ (7-10) AU

d2.- Disco frío ~ (70-190) AU

d3.- Halo externo ~800 AU



(Su et al. 2015)

ii. Estudios ha realizar:

1°- Un planeta

2°- Múltiples planetas

3. Resultados preliminares

i. Características principales:

a.- ~300 años luz de distancia

b.- $M_* \sim 1.6M_\odot$; $R_* \sim 1.6R_\odot$; edad~(13-21) Myr

c.- Planeta confirmado HD 95086 b:

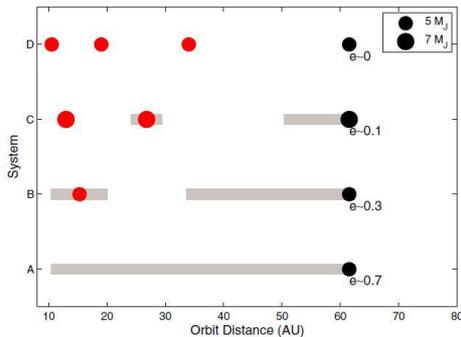
c1.- $M_p \sim (3-7)M_J$; $a_p \sim (56.6-67.2)$ AU ; $e_p \sim ?$

d.- Tres discos de planetesimales:

d1.- Disco caliente ~ (7-10) AU

d2.- Disco frío ~ (70-190) AU

d3.- Halo externo ~800 AU



(Su et al. 2015)

ii. Estudios ha realizar:

1°- Un planeta

2°- Múltiples planetas



1°- Estudio:

1 Planeta: $M_p = 3-5-7$ MJ

$a_p = 56.2-59.2-61.9-64.5-67.2$ AU

$e_p = 0.01-0.25-0.50-0.75-0.99$

$i_p = 0^\circ$

1 Disco Planetesimal: 30000 partículas

$a_d = 0-250$ AU

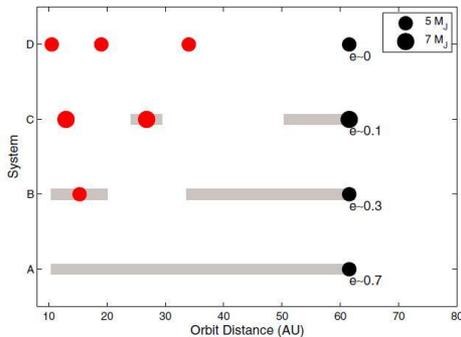
$e_d = 0.01-0.99$

$i_d = 0-5^\circ$

3. Resultados preliminares

i. Características principales:

- a.- ~300 años luz de distancia
- b.- $M_* \sim 1.6M_\odot$; $R_* \sim 1.6R_\odot$; edad ~ (13-21) Myr
- c.- Planeta confirmado HD 95086 b:
 - c1.- $M_p \sim (3-7)M_J$; $a_p \sim (56.6-67.2)$ AU ; $e_p \sim ?$
- d.- Tres discos de planetesimales:
 - d1.- Disco caliente ~ (7-10) AU
 - d2.- Disco frío ~ (70-190) AU
 - d3.- Halo externo ~ 800 AU



(Su et al. 2015)

ii. Estudios ha realizar:

1°- Un planeta

2°- Múltiples planetas



1°- Estudio:

1 Planeta: $M_p = 3-5-7$ MJ

$a_p = 56.2-59.2-61.9-64.5-67.2$ AU

$e_p = 0.01-0.25-0.50-0.75-0.99$

$i_p = 0^\circ$

1 Disco Planetesimal: 30000 partículas

$a_d = 0-250$ AU

$e_d = 0.01-0.99$

$i_d = 0-5^\circ$

75 escenarios posibles

3. Resultados preliminares

¡75 escenarios posibles!



1º tarea real:

Automatizar el proceso de generación de escenarios

```
pozuolos@pozuolos-pc: ~/Escritorio/exoplanetas/generadores/big
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
angulo gB[grados] = 0.0
angulo MB[grados] = [ 136.89367776]
numero de escenarios: // Planet A = 108 // Planet B = 2 // total = 216
pozuolos@pozuolos-pc:~/Escritorio/exoplanetas/generadores/big$ python bign.py
Could not import pygsl

** Información Sistema Planetario **

Masa del Cuerpo Central = 2 Msolar
masas planetarias Planet A [Mj]: [1 2 3]
masas planetarias Planet B [Mj]: [ 0.1 0.3]
semiejes mayores Planet A [AU]: [5 6]
semiejes mayores Planet B [AU]: [1]
densidad Planet A [g/cm^3]: 1.5
densidad Planet B [g/cm^3]: 5.5
eccentricidades Planet A: [ 0. 0.2 0.4]
eccentricidades del Planet B: [ 0.]
inclinaciones del Planet A [grados]: [ 0. 2.5 5. ]
inclinaciones del Planet B [grados]: [ 0.]
angulos n, g, y M Planet A:
angulo nA[grados] = 0.0
angulo gA[grados] = 0.0
angulo MA[grados] = [ 27.29271716 143.79932189]
angulos n, g, y M Planet B:
angulo nB[grados] = 0.0
angulo gB[grados] = 0.0
angulo MB[grados] = [ 21.50945096]
numero de escenarios: // Planet A = 108 // Planet B = 2 // total = 216
pozuolos@pozuolos-pc:~/Escritorio/exoplanetas/generadores/big$
```

3. Resultados preliminares

¡30000 partículas en el disco!



2º tarea real:
Optimizar las integraciones numéricas



Paralelización del problema
Jose Ramón Rodón

3. Resultados preliminares

i. Características principales:

a.- ~300 años luz de distancia

b.- $M_* \sim 1.6M_\odot$; $R_* \sim 1.6R_\odot$; edad ~ (13-21) Myr

c.- Planeta confirmado HD 95086 b:

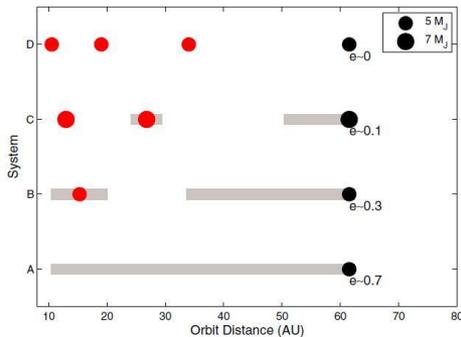
c1.- $M_p \sim (3-7)M_J$; $a_p \sim (56.6-67.2)$ AU ; $e_p \sim ?$

d.- Tres discos de planetesimales:

d1.- Disco caliente ~ (7-10) AU

d2.- Disco frío ~ (70-190) AU

d3.- Halo externo ~ 800 AU



(Su et al. 2015)

ii. Estudios ha realizar:

1°- Un planeta

2°- Múltiples planetas



1°- Estudio:

1 Planeta: $M_p = 3-5-7$ MJ

$a_p = 56.2-59.2-61.9-64.5-67.2$ AU

$e_p = 0.01-0.25-0.50-0.75-0.99$

$i_p = 0^\circ$

1 Disco Planetesimal: 30000 partículas

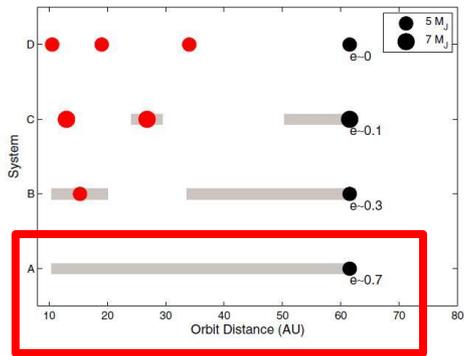
$a_d = 0-250$ AU

$e_d = 0.01-0.99$

$i_d = 0-5^\circ$

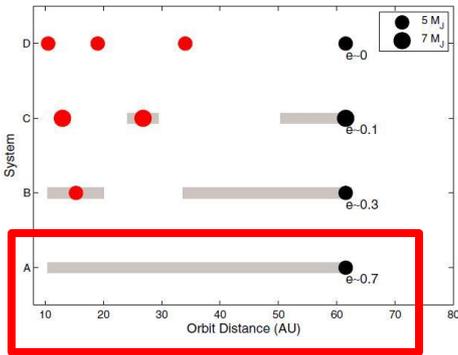
75 escenarios posibles

3. Resultados preliminares



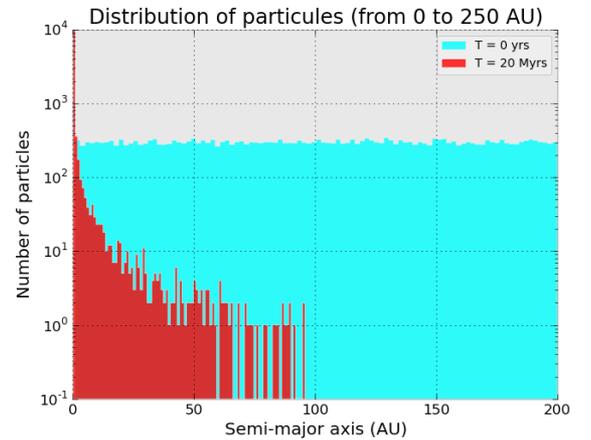
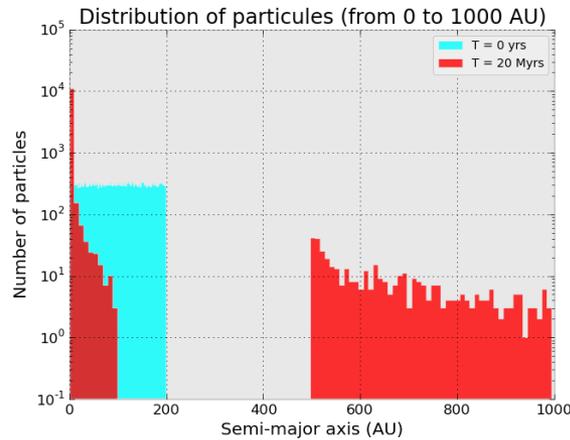
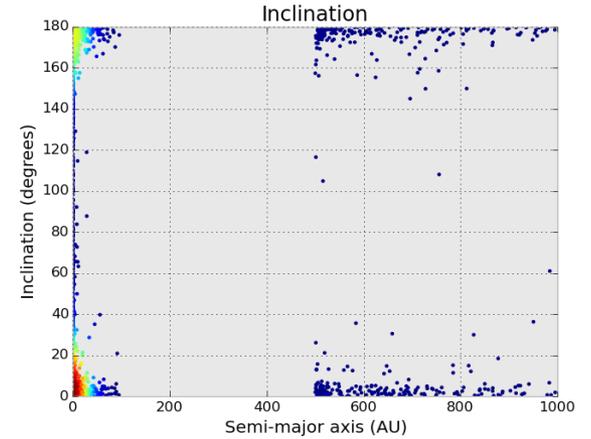
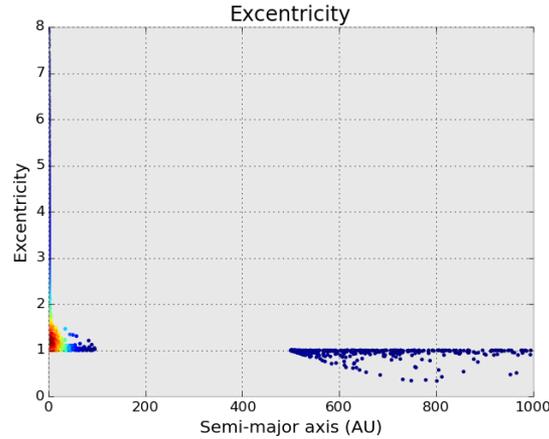
(Su et al. 2015)

3. Resultados preliminares



(Su et al. 2015)

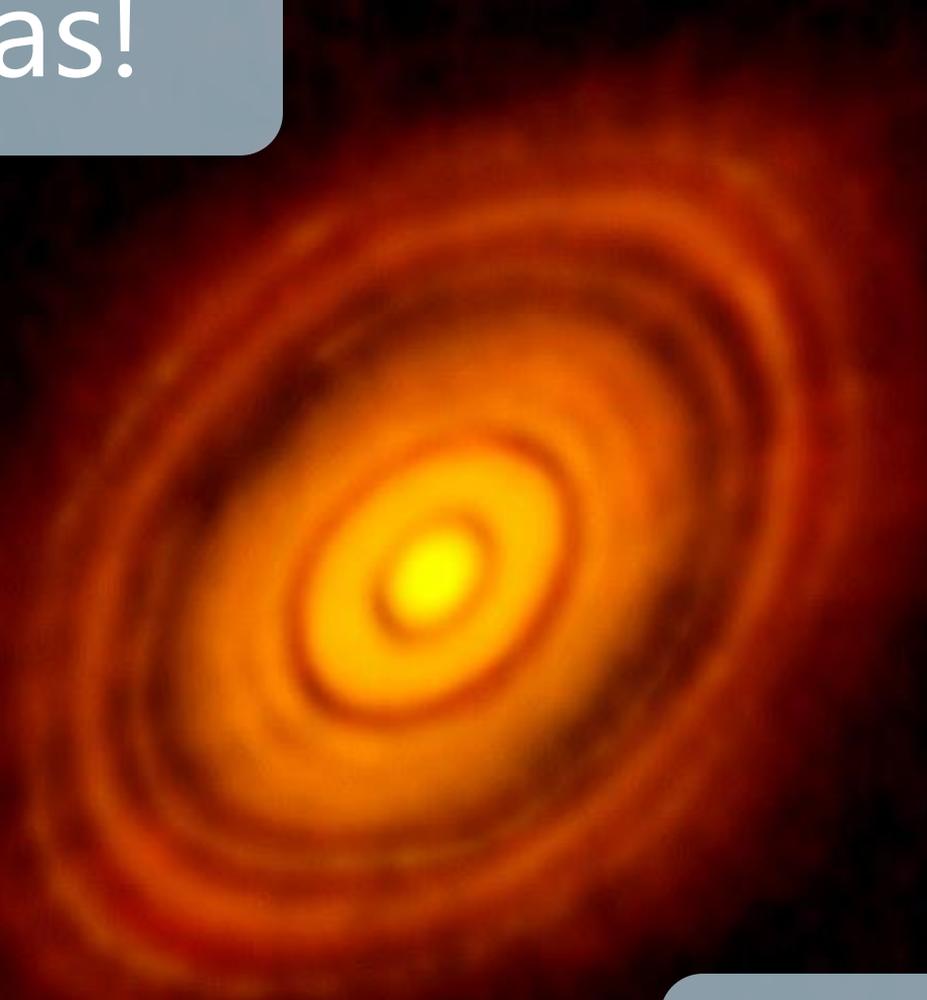
Mass = 4.999999999999999 M_J
Eccentricity = 0.75
Semi-major axis = 61.9 AU



4. Conclusiones

- i. Ya están los códigos listos y optimizados
- ii. Un solo planeta no puede explicar la estructura de HD 95086
- iii. Siguiendo paso: dos planetas, tres, cuatro...

Gracias!



Preguntas?