

Formación de planetas gigantes en órbitas lejanas

INGRESO DE LOS 500
COLEGAS DOBLEMENTE
RECOMENDADOS

Octavio M. Guilera
Marcelo M. Miller Bertolami
María Paula Ronco

YO APOYO LA TOMA DEL
MINCYT

60a. Reunion Anual de la Asociación
Argentina de Astronomía

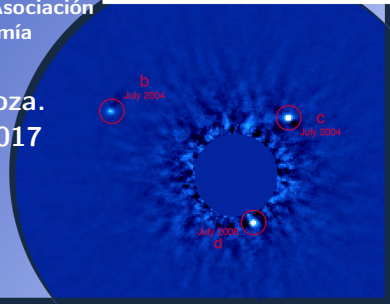
Malargüe, Mendoza.
Septiembre de 2017

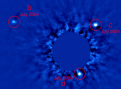


I A L P
CONICET
U N L P



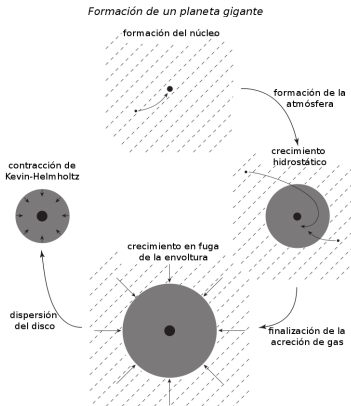
Facultad de Ciencias
Astronómicas
y Geofísicas
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA





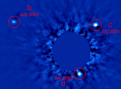
Formación de planetas gigantes

● Modelo de acreción del núcleo



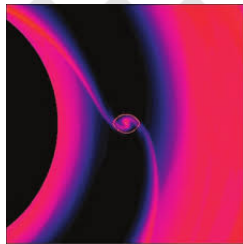
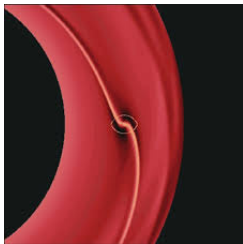
4 etapas características:

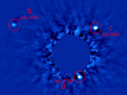
- formación del núcleo
- crecimiento hidrostático de la envoltura
- crecimiento en fuga de la envoltura
- finalización de la acreción de gas



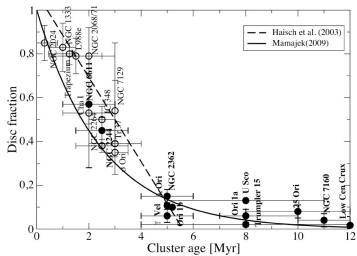
Migración planetaria

- las interacciones gravitatorias entre el planeta y el gas generan un torque que modifica la órbita del planeta
- dos casos límites: migración de tipo I (planetas que no abren un gap en el disco de gas) y migración de tipo II (planetas masivos que si abren un gap, en general gigantes gaseosos)

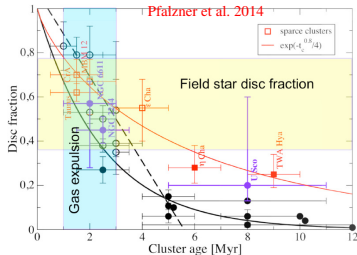




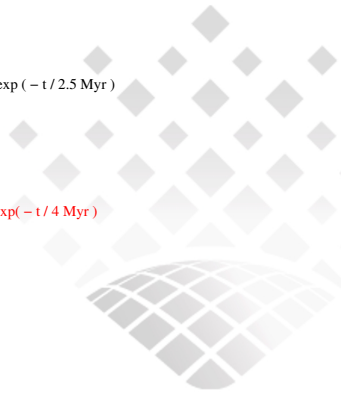
Restricciones observacionales

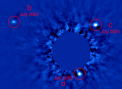


$f_{\text{disk}} \sim \exp(-t / 2.5 \text{ Myr})$

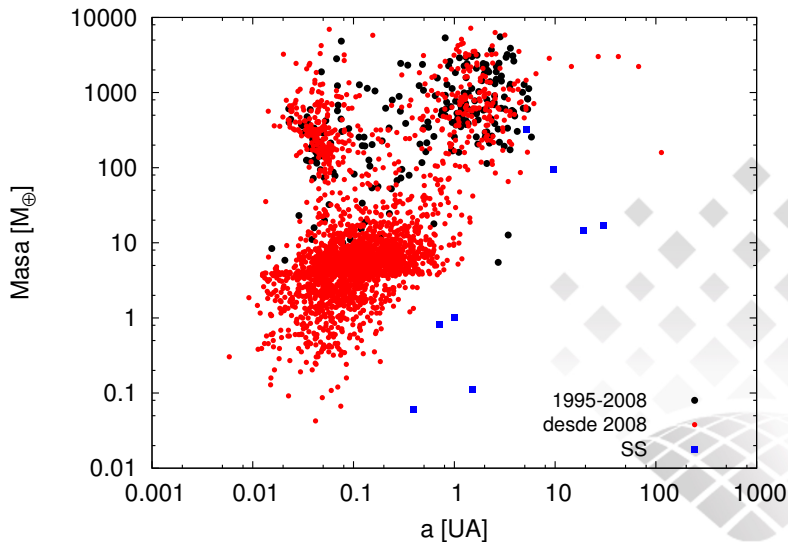


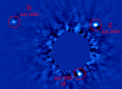
$f_{\text{disk}} \sim \exp(-t / 4 \text{ Myr})$



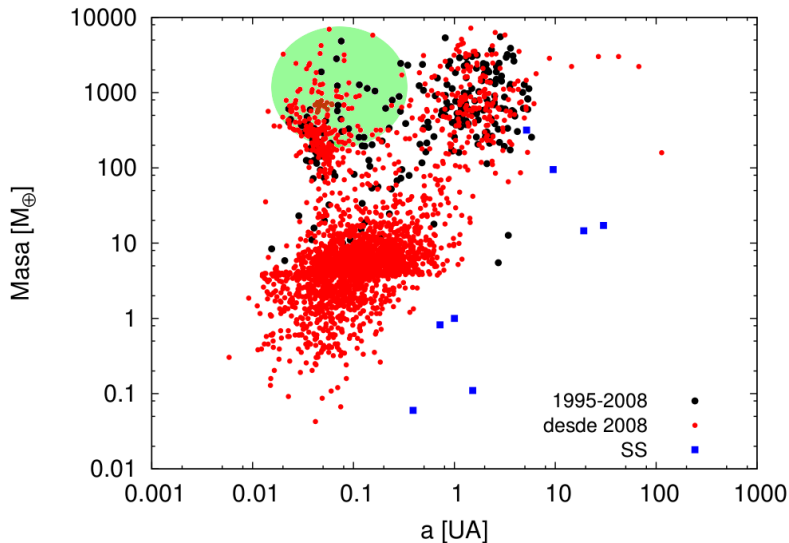


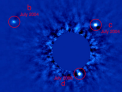
Exoplanetas



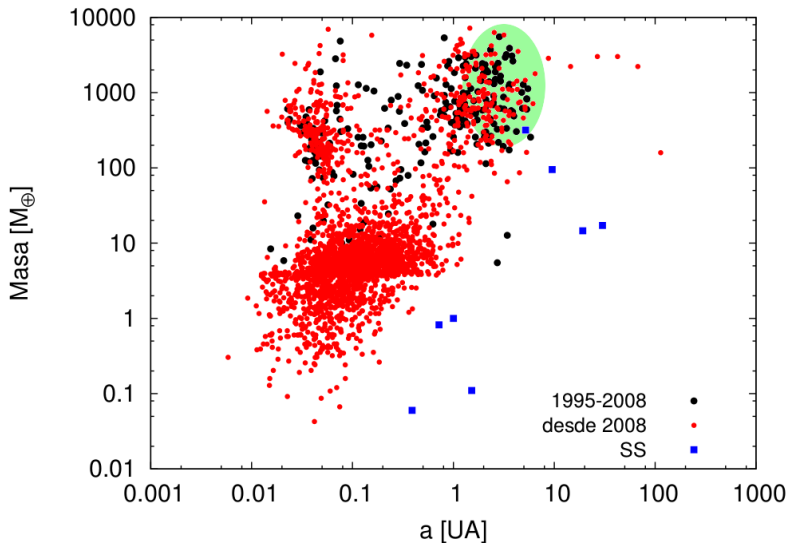


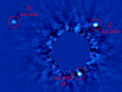
Exoplanetas



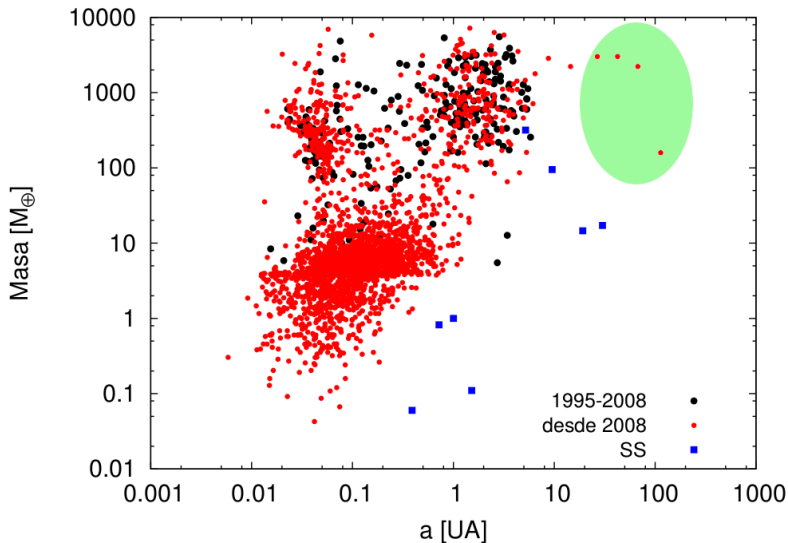


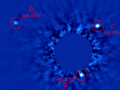
Exoplanetas



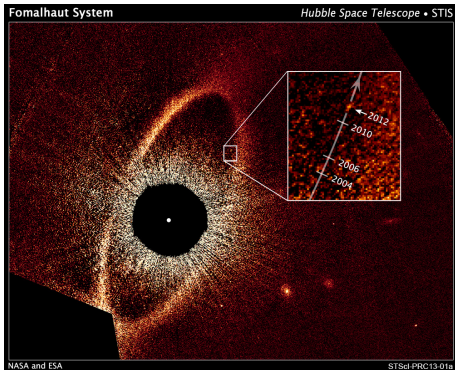
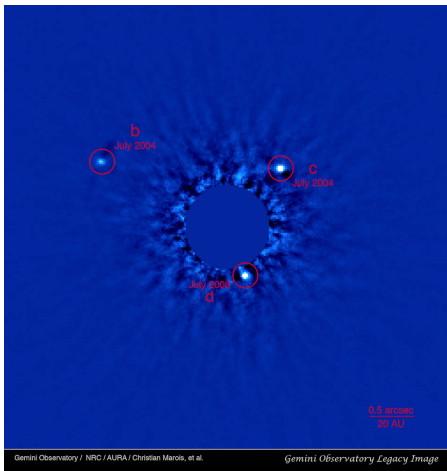


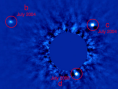
Exoplanetas





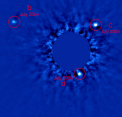
Planetas gigantes en órbitas lejanas





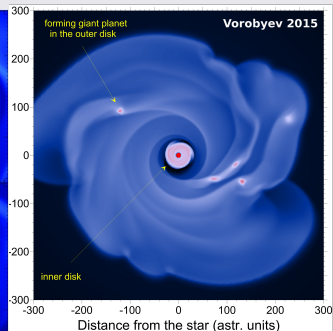
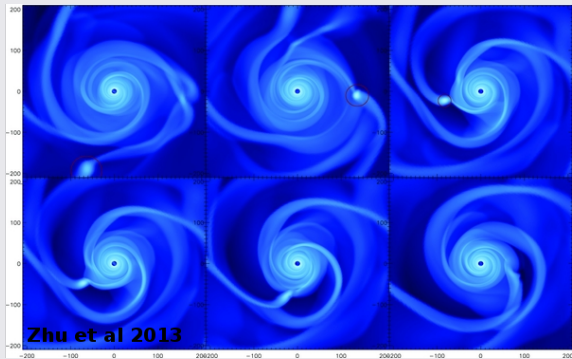
¿Cuál es el *problema* con la formación de planetas gigantes en órbitas lejanas en el marco de la teoría estándar?

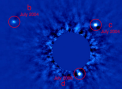
- La masa del disco (sólidos y gas) decae hacia afuera del disco.
- En las regiones externas del disco no hay suficiente material sólido para formar núcleos masivos de varias masas terrestres en menos de 10^7 años.



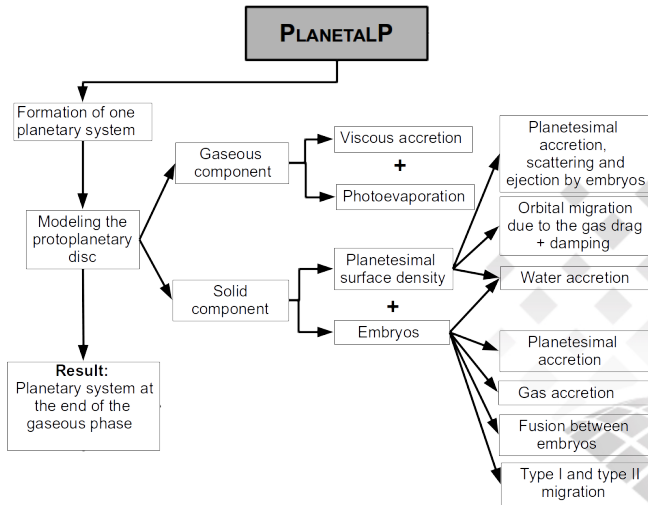
Teorías alternativas:

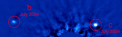
Teoría de inestabilidad del disco



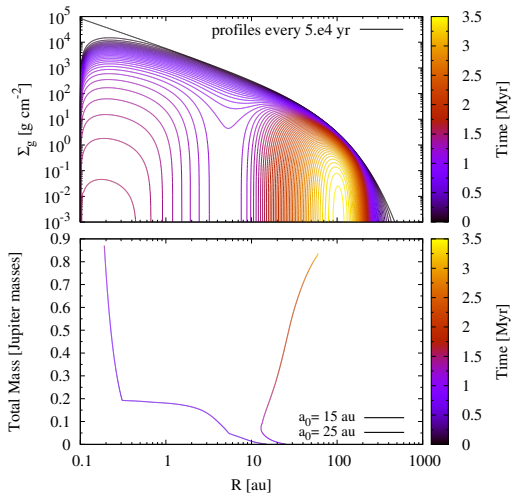


Nuestro modelo de formación planetaria

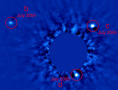




Resultados previos (Guilera & Ronco RMxACS 2017)



- Disco isotermo.
- Tasas de migración tipo I para discos isotermos.



Nuestro trabajo

Mejoras a nuestro modelo: Guilera, Miller Bertolami & Ronco (2017)

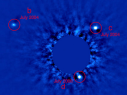
- Desarrollamos un modelo 1D+1D para el disco de gas (consideramos también la irradiación de la estrella central).
- Introdujimos tasas de migración tipo I para discos no isotermos-

$$\frac{\partial P}{\partial z} = -\rho\Omega^2 z, \quad \frac{\partial F}{\partial z} = \frac{9}{4}\rho v\Omega^2, \quad \frac{\partial T}{\partial z} = \nabla \frac{T}{P} \frac{\partial P}{\partial z}$$

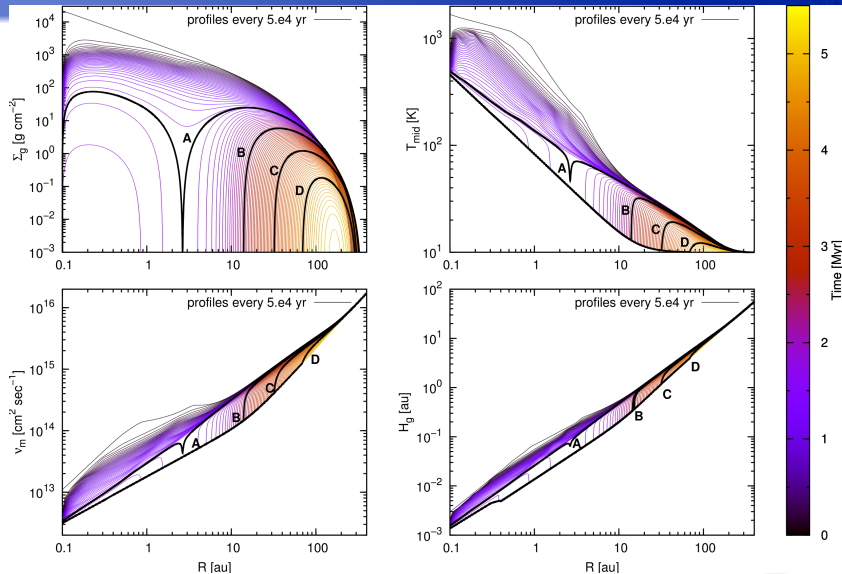
$$\frac{\partial \Sigma_g}{\partial t} = \frac{3}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left[R^{1/2} \frac{\partial}{\partial R} \left(v_{\text{in}} \Sigma_g R^{1/2} \right) \right] + \dot{\Sigma}_w(R),$$

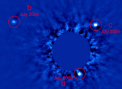
$$\begin{aligned} \Gamma_{\text{static}} &= F_L \Gamma_{\text{LR}} \\ &+ \left[\Gamma_{\text{VHS}} F(p_\nu) G(p_\nu) + \Gamma_{\text{EHS}} F(p_\nu) F(p_\chi) \sqrt{G(p_\nu) G(p_\chi)} \right. \\ &+ \left. \Gamma_{\text{LVCT}} (1 - K(p_\nu)) + \Gamma_{\text{LECT}} \sqrt{(1 - K(p_\nu))(1 - K(p_\chi))} \right] F_c F_i, \\ \Gamma_{\text{LR}} &= (-2.5 - 1.7\beta + 0.1\alpha) \Gamma_0 / \gamma_{\text{eff}}, \\ \Gamma_{\text{VHS}} &= [1.1(3/2 - \alpha)] \Gamma_0 / \gamma_{\text{eff}}, \\ \Gamma_{\text{EHS}} &= 7.9(\xi / \gamma_{\text{eff}}) \Gamma_0 / \gamma_{\text{eff}}, \\ \Gamma_{\text{LVCT}} &= [0.7(3/2 - \alpha)] \Gamma_0 / \gamma_{\text{eff}}, \\ \Gamma_{\text{LECT}} &= [(2.2 - 1.4/\gamma_{\text{eff}})] \Gamma_0 / \gamma_{\text{eff}}, \end{aligned}$$

where $\alpha = d \ln \Sigma / d \ln r$, $\beta = d \ln T_m / d \ln r$, and $\xi = \beta - (\gamma_{\text{eff}} - 1)\alpha$.

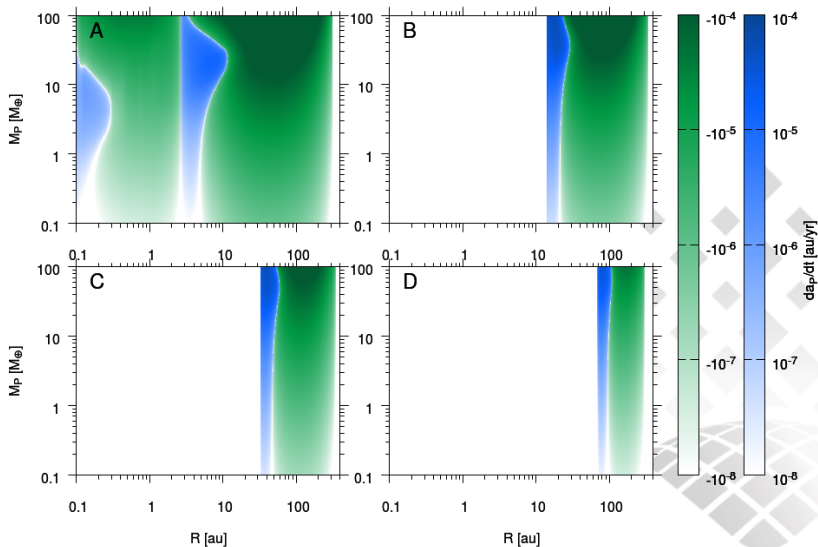


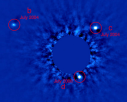
Resultados



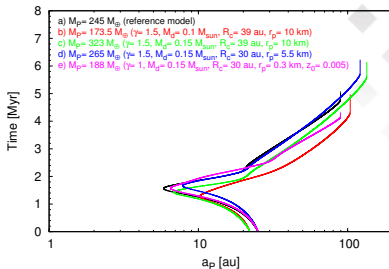
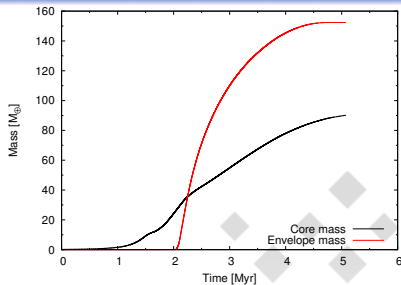
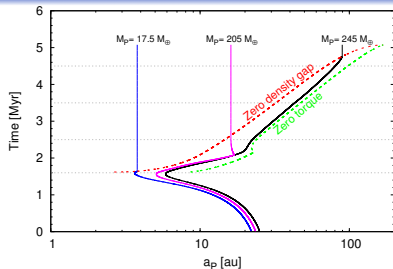


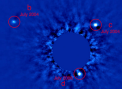
Resultados





Resultados



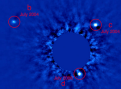


Conclusiones y trabajo a futuro

Conclusiones

- Presentamos un mecanismo natural dentro de la teoría estándar de formación planetaria para la formación de planetas gigantes en órbitas lejanas.





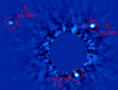
Conclusiones y trabajo a futuro

Conclusiones

- Presentamos un mecanismo natural dentro de la teoría estándar de formación planetaria para la formación de planetas gigantes en órbitas lejanas.

Trabajo a futuro

- Realizar una síntesis poblacional para definir cuantitativamente la tasa de ocurrencia de estos objetos y sus propiedades físicas (masas, semiejes, etc.).
- Introducir modelos de fotoevaporación debido a rayos X y radiación FUV (en este trabajo utilizamos un modelo de radiación EUV).



Conclusiones y trabajo a futuro

Conclusiones

- Presentamos un mecanismo natural dentro de la teoría estándar de formación planetaria para la formación de planetas gigantes en órbitas lejanas.

Muchas gracias por la atención!

Trabajo a futuro

- Realizar una síntesis poblacional para definir cuantitativamente la tasa de ocurrencia de estos objetos y sus propiedades físicas (masas, semiejes, etc.).
- Introducir modelos de fotoevaporación debido a rayos X y radiación FUV (en este trabajo utilizamos un modelo de radiación EUV).