

# Modelado y Simulaciones Numéricas en el INFIP

Los objetos astrofísicos constituyen una rama de estudio esencial en la Física del Plasma y pueden ser descriptos a partir de:

- Las ecuaciones de movimiento de las partículas que la componen.
- Teoría Cinética, usando distribución de funciones).
- Las ecuaciones de la magnetohidrodinámica, (ecs de Navier-Stokes + Maxwell)

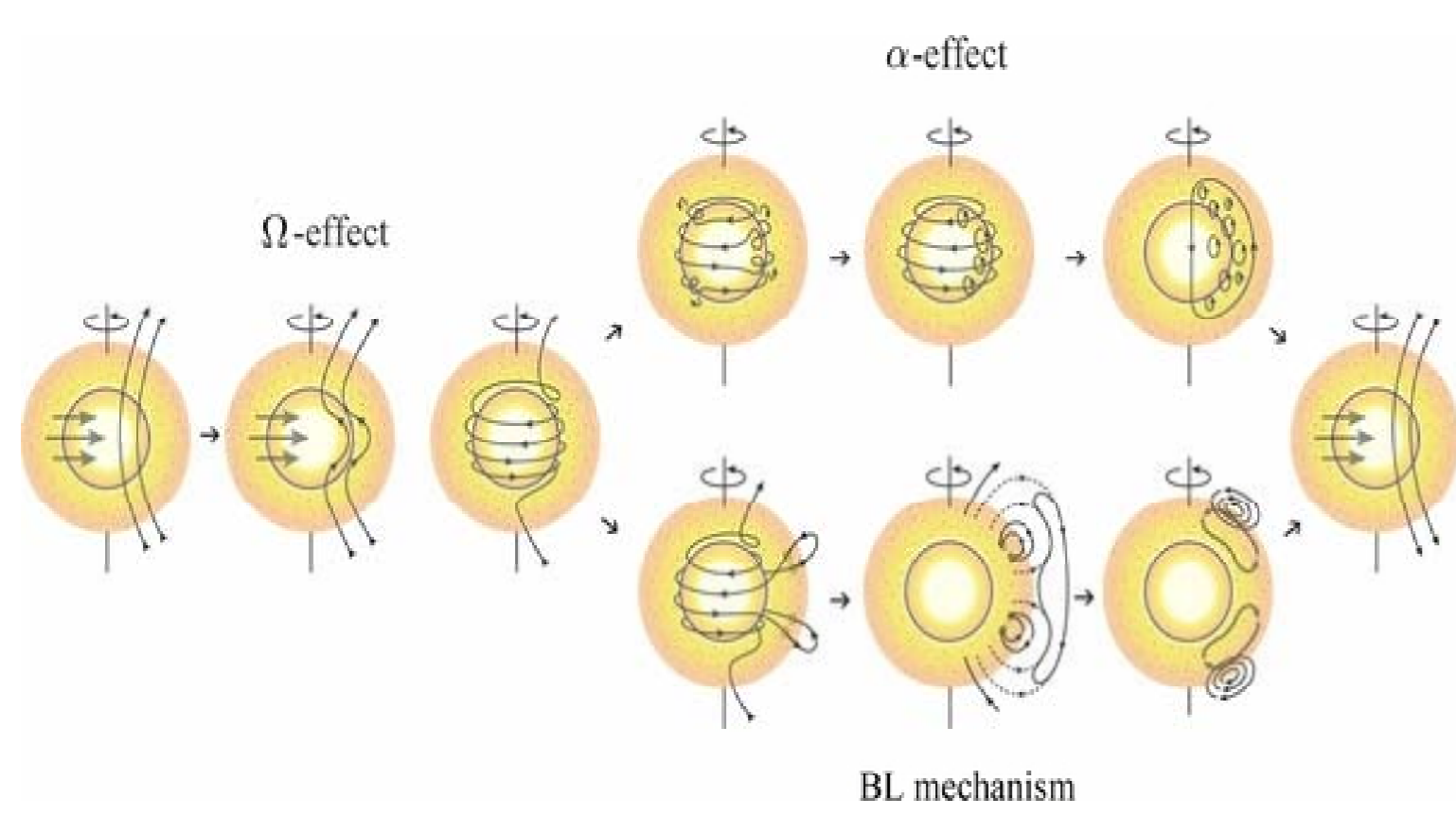
## Dinamo Estelar

Los cuerpos celestes, como planetas, estrellas y galaxias enteras, tienen generalmente asociados un campo magnético.

Estos campos magnéticos se generan por el movimiento de fluidos eléctricamente conductores, lo que se conoce como **Efecto Dinamo**.

Este efecto se genera básicamente porque el movimiento de un fluido eléctricamente conductor a través de un campo magnético induce una corriente, que a su vez tiene asociado un campo magnético.

Con la combinación adecuada de campos y flujos, el campo inducido realimenta al campo original ocasionando una amplificación de éste.

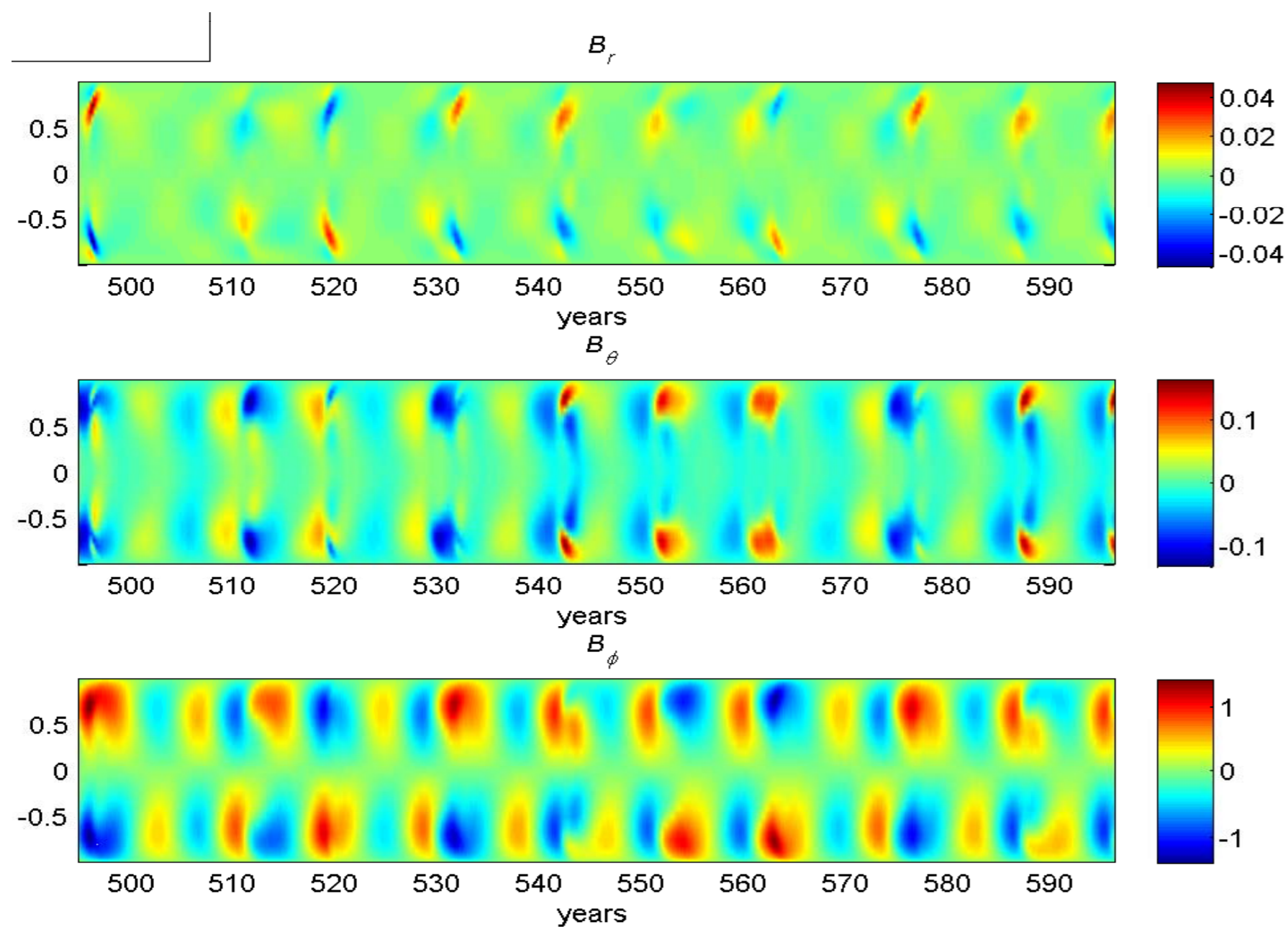


¿Cómo se hizo?

Se escribió un código para obtener un modelo cuasi-cinémático\* axisimétrico que combina las ecuaciones MHD no ideal en una formulación novedosa de grandes escalas. Este modelo puede adaptarse a distintas estrellas y planetas adecuándolo a sus características particulares (Rotación diferencial y flujo meridional dados).

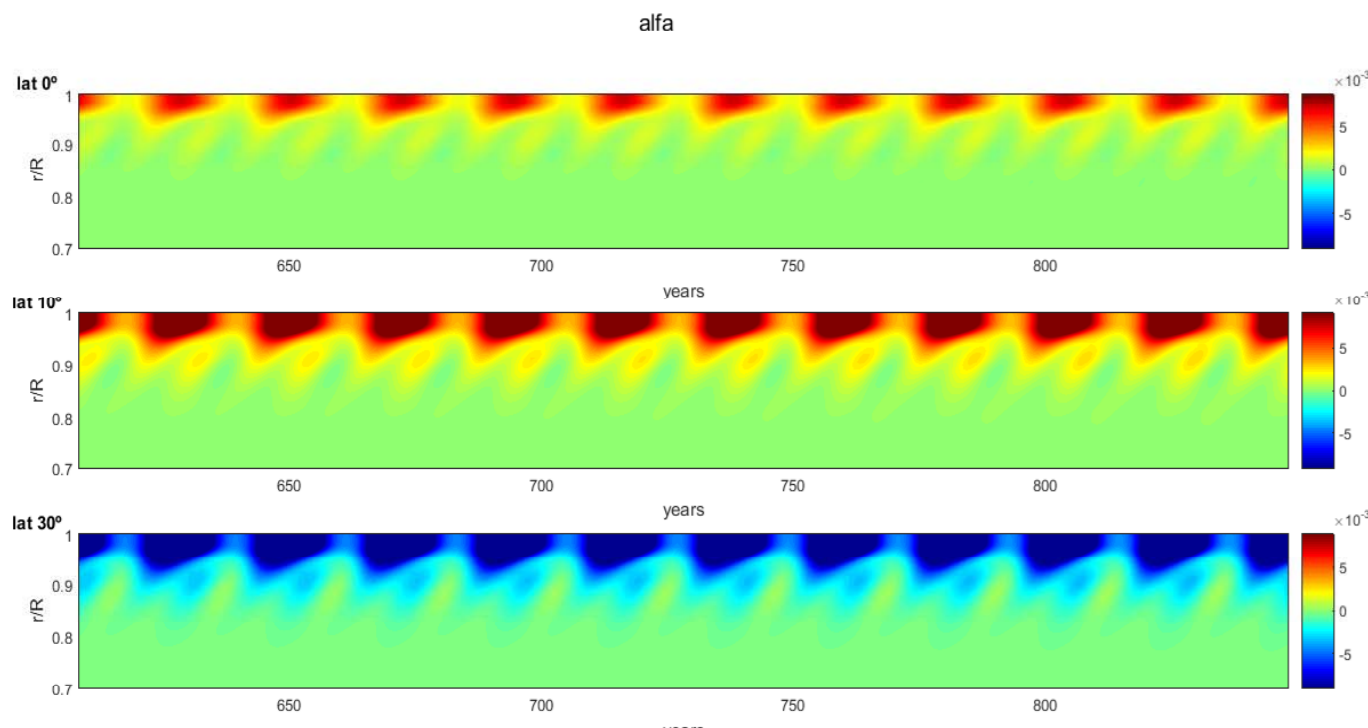
\*Incluye efectos de reacción de la fuerza magnética sobre el flujo

Ejemplo de la evolución temporal de las componentes del campo magnético del modelo en la estrella E eridani (Doble ciclo)

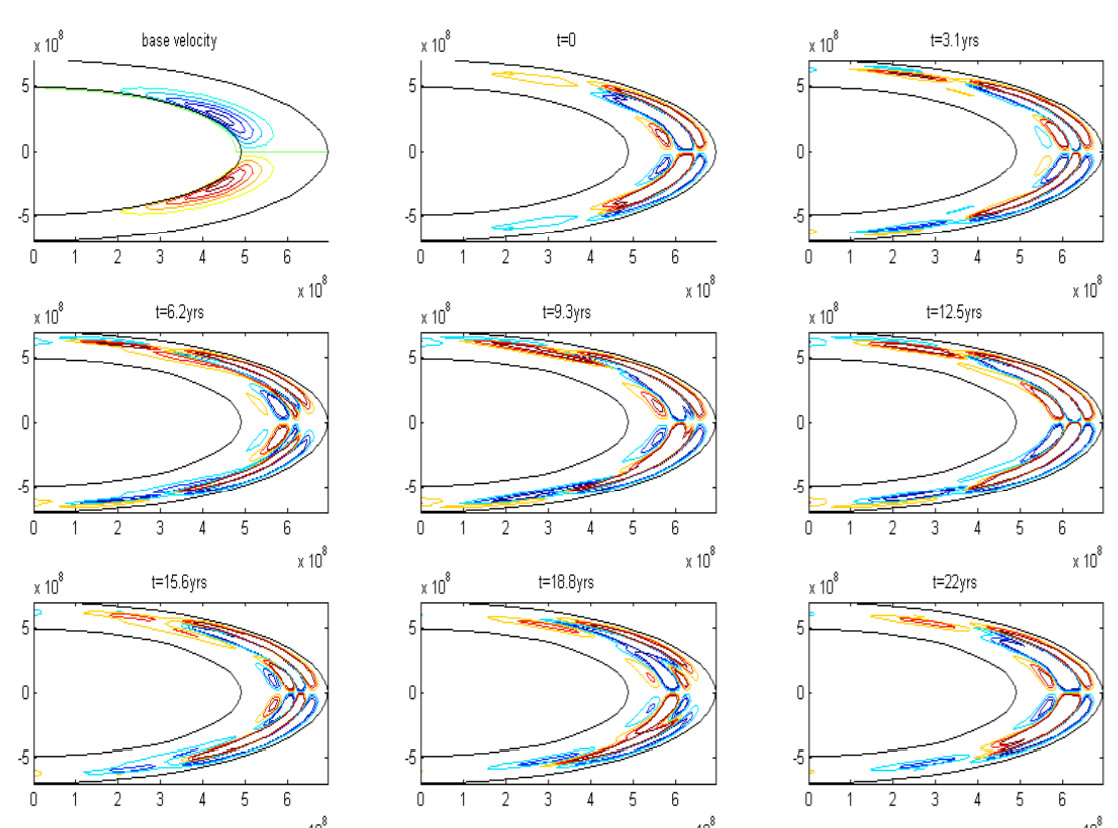


Campo magnético toroidal ( $B_t$ ), radial ( $B_r$ ) y polar ( $B_p$ ) en función del tiempo.

### Parámetros simulados caso solar



Coefficiente  $\alpha$  debido al flujo inducido por la fuerza de Lorentz a distintas latitudes y tiempos



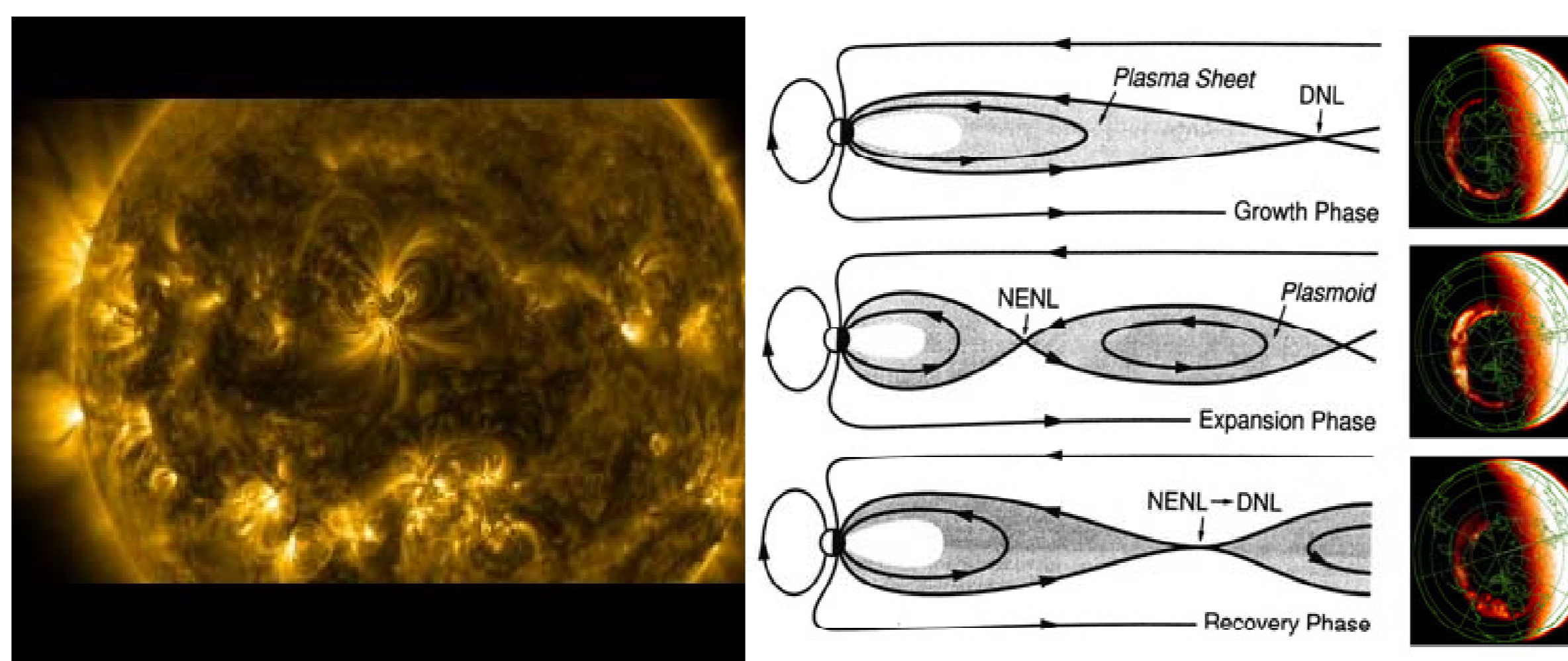
Flujo meridional impuesto, y flujo inducido por la fuerza de Lorentz en diferentes tiempos

Referencias:  
Sraibman and Minotti 2016, MNRAS 456, 3715-3719  
Minotti and Dasso, 2001, Phys. Rev. E, 63, 036306  
Minotti, 2000, Phys. Rev. E, 61, 429

Contacto: [Laura Sraibman \(laurasraibman@gmail.com\)](mailto:Laura Sraibman)

En los tres casos el abordaje teórico se reduce a algunos casos muy simplificados. Para estudiar fenomenologías más complejas es necesario recurrir a simulaciones numéricas

## Criticalidad Auto-Organizada: Fulguraciones Solares + Subtormentas Geomagnéticas



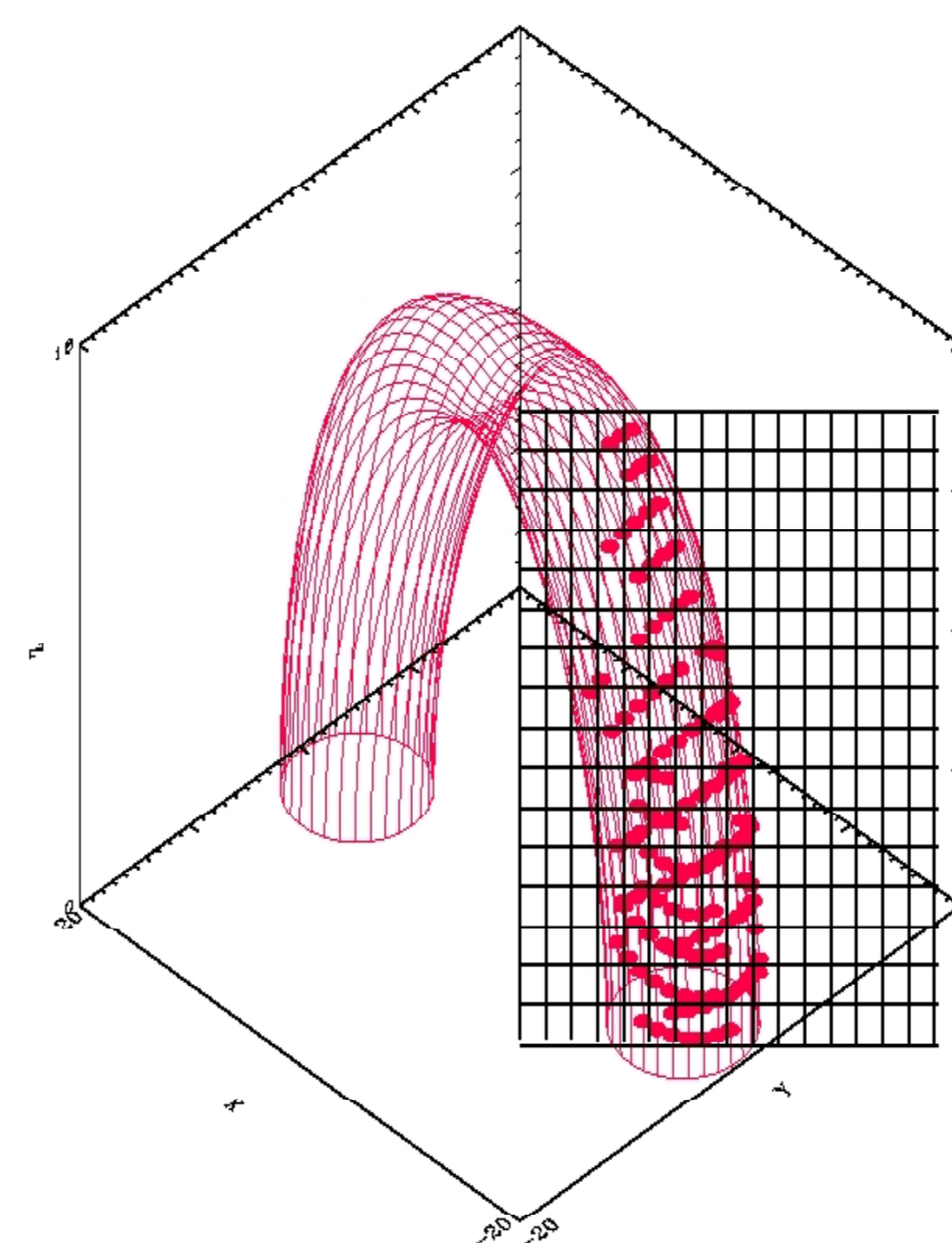
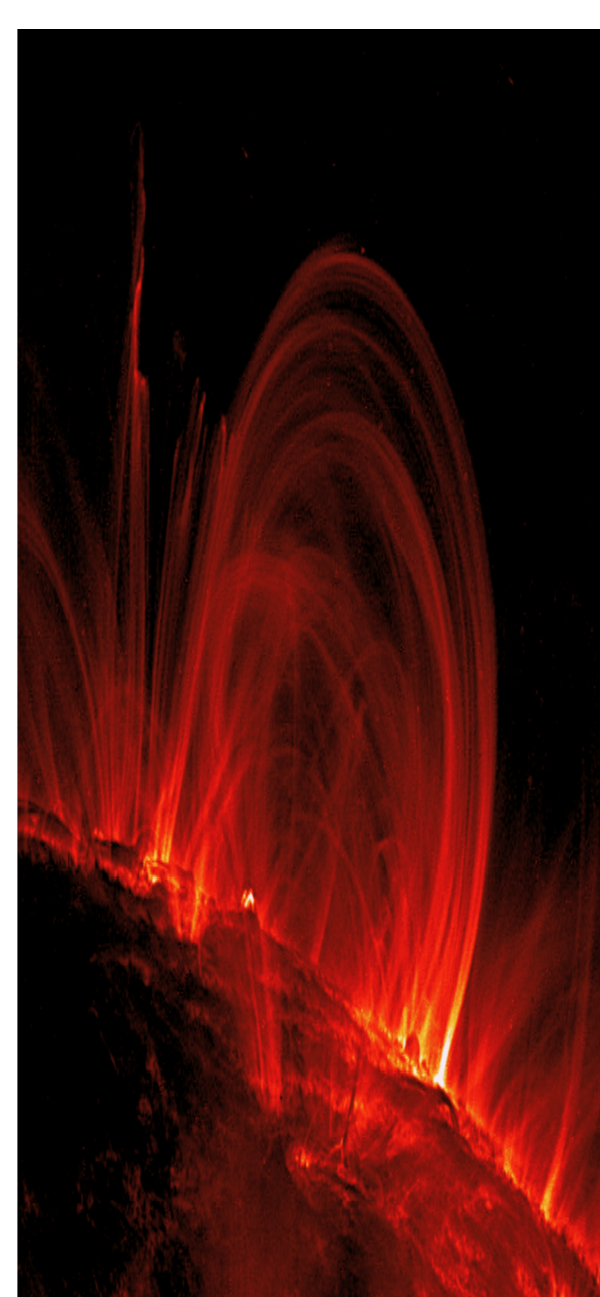
La reconexión magnética es el proceso físico que permite explicar estos fenómenos

## ¿Cómo modelar la reconexión?

### Simulaciones: Integrar las ecuaciones MHD

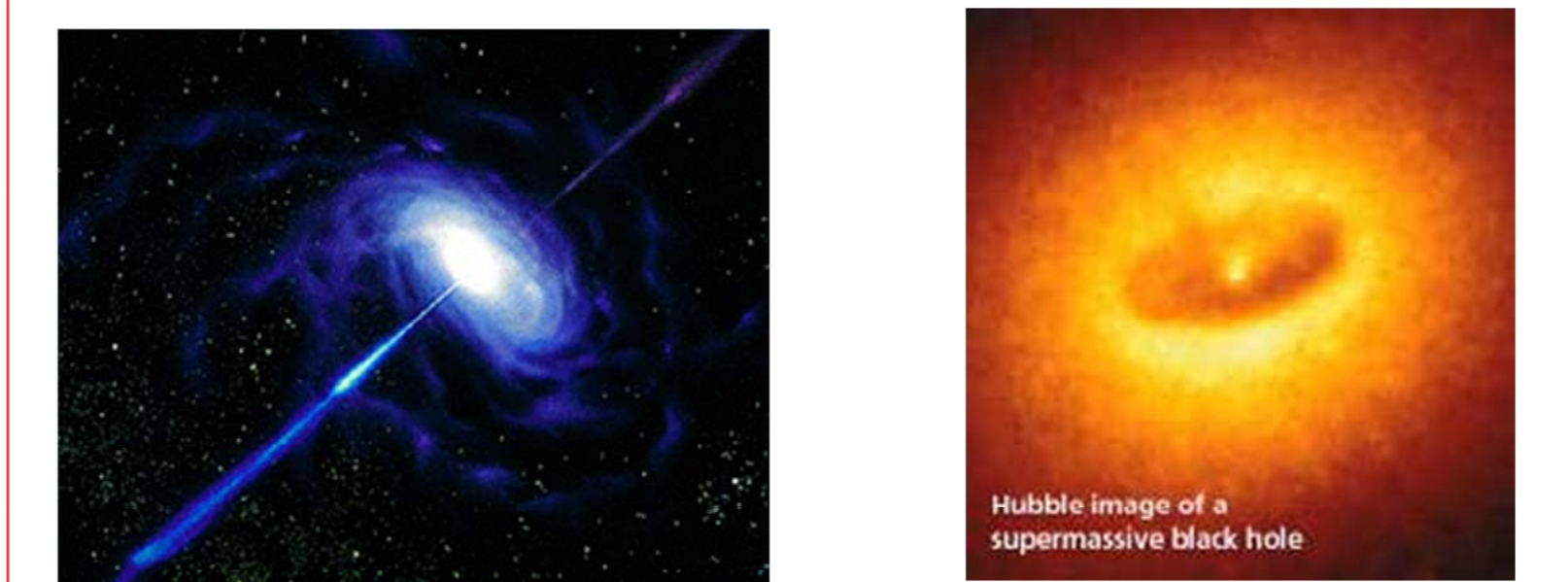
Separación de escalas temporales y espaciales entre inyección y liberación de energía + Leyes de potencia observadas

### Modelos de criticalidad auto-organizada (Bak) + simulaciones tipo autómatas celulares



## Objetos Compactos

Los hay a distintas escalas, cuántares, microcuántares y agujeros negros entre otros. Típicamente entorno a estos se forma un disco de acreción



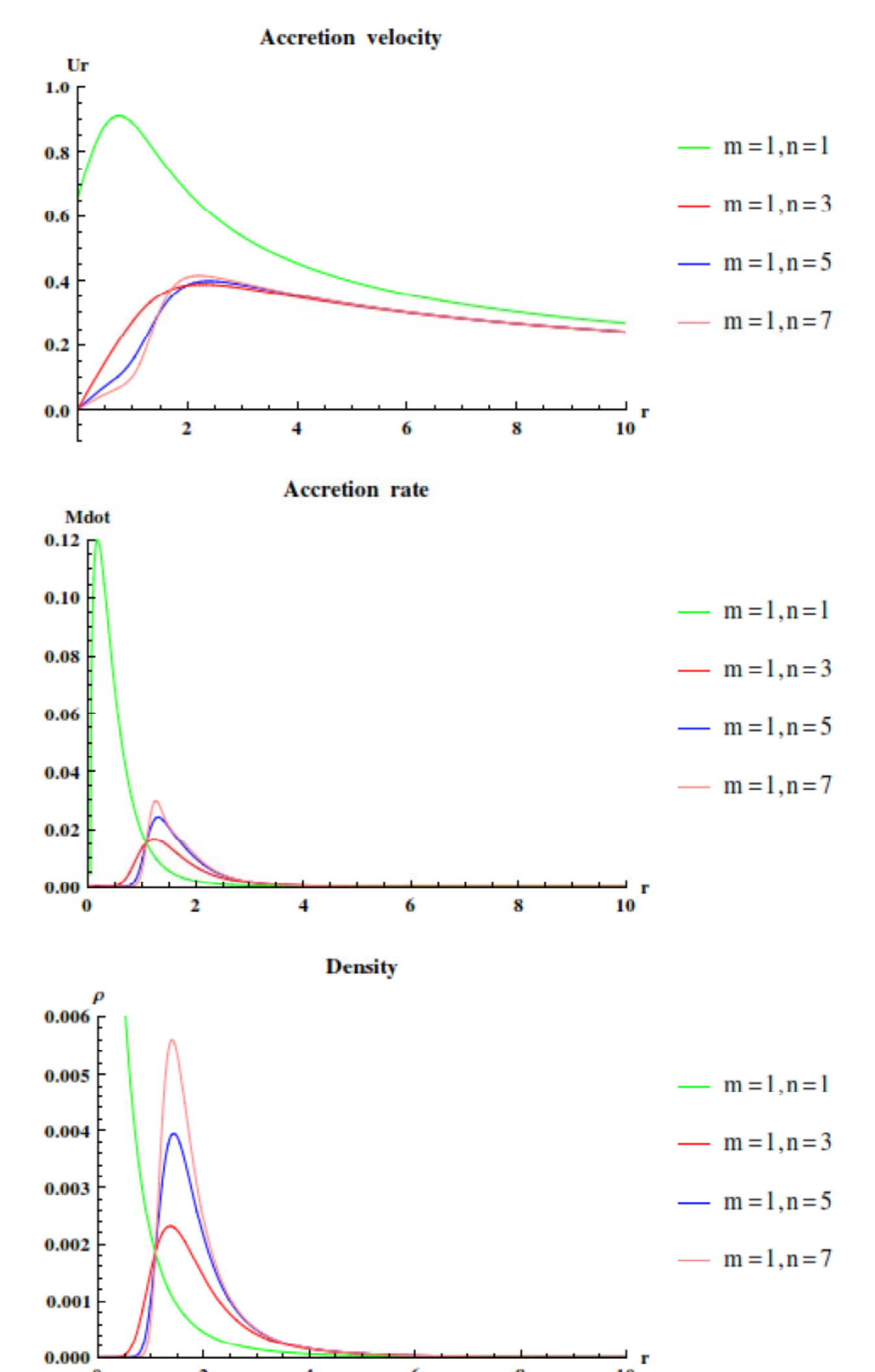
Izquierda: representación artística de un microcuasar  
Derecha: Agujero negro supermasivo observado por Hubble

¿Cómo se modela?

Se integra las ecuaciones MHD en la aproximación relativista donde se tiene en cuenta los efectos de la curvatura.

¿Qué se espera?

Estudiar y entender "modelos simples" que describan la dinámica de observables como la tasa de acreción y el momento angular.



Referencias:

Plasma Astrophysics, Toshi Tajima, Kazunari Shibata  
D. J. Cirilo Lombardo, Journal of Mathematical Physics 46, 042501 (2005)

Contacto:

[Diego Cirilo-Lombardo \(diego777jcl@gmail.com\)](mailto:Diego Cirilo-Lombardo)  
[Carlos Vigh \(carlosv@df.uba.ar\)](mailto:Carlos Vigh)

Datos de contacto:

[lmorales@df.uba.ar](mailto:lmorales@df.uba.ar) // INFIP - of. 119

Trabajos en curso y colaboraciones:

Colaboraciones: IFIBA/IAFE/INFIP; Université de Montréal, Lockheed Martin, Advanced Technology Center