

## RESUMEN

El estudio de los jets relativistas se ha centrado en entender la dinámica y estructura de estos flujos de plasma a altas velocidades, expulsados por objetos astrofísicos como agujeros negros súper masivos y estrellas de neutrones. Los modelos actuales se basan en simulaciones dentro de la magnetohidrodinámica relativista (RMHD) [1] [2]. En estos jets, la disipación de energía electromagnética es especialmente eficiente en regiones con inestabilidades como la de Kelvin-Helmholtz o reconexión magnética. [3]

Para analizar los jets relativistas, se utilizó el código CUEVA [4], que aplica métodos numéricos especializados en RRMHD, incluyendo el integrador temporal Implícito-Explicito IMEX [6] y el resolvidor aproximado de Riemann HLLC [5]. Además, se empleó el esquema MP5 para la reconstrucción de variables conservadas y el método de Cardano-Ferrari para convertir estas variables a primitivas mediante una ecuación de estado ideal.

## ECUACIONES DE LA RRMHD

$$\begin{aligned}\partial_t \psi &= -\nabla \cdot \mathbf{E} + q - \kappa \psi \\ \partial_t \phi &= -\nabla \cdot \mathbf{B} - \kappa \phi \\ \partial_t \mathbf{E} &= \nabla \times \mathbf{B} - \nabla \psi - \mathbf{J} \\ \partial_t \mathbf{B} &= -\nabla \times \mathbf{E} - \nabla \phi \\ \partial_t q &= -\nabla \cdot \mathbf{J} \\ \partial_t D &= -\nabla \cdot \mathbf{F}_D \\ \partial_t \mathcal{E} &= -\nabla \cdot \mathbf{F}_\mathcal{E} \\ \partial_t \mathbf{S} &= -\nabla \cdot \mathbf{F}_\mathbf{S}\end{aligned}$$

## SETUP DE LA SIMULACIÓN

Dominio  $[0, 22] \times [0, 22]$

$$\begin{aligned}\eta &= 10^{-2} \\ M &= 6 \\ \Gamma &= 5/3 \\ \rho_a &= 1\end{aligned} \quad \left| \quad \begin{aligned}p_a &= \frac{\eta v_b^2}{\Gamma(\Gamma - 1)M^2 - \Gamma v_b^2} \\ B_x &= \sqrt{2p} \\ v_b &= 0,95\end{aligned}\right.$$

## REFERENCIAS

- [1] Beckwith K., & Stone J. M., 2011, ApJS, 193, 6
- [2] Leismann T., et al., 2005, A&A, 436, 503
- [3] Mattia G., et al., 2023, A&A, 679, A49
- [4] Miranda-Aranguren S., et al., 2014, IAUS, 302, 64
- [5] Miranda S., et al., 2018, MNRAS, 476, 3837–3860
- [6] Palenzuela C., et al., 2009, MNRAS, 394, 1727–1740

## EXPERIMENTOS NUMÉRICOS

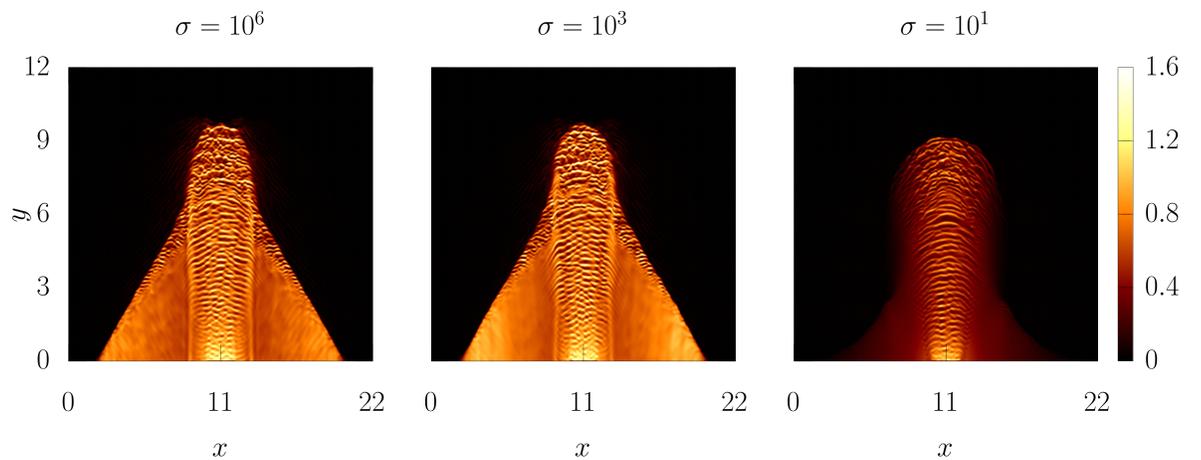


Figura 1:  $p$  en  $t = 28$  para  $\sigma = 10^6, 10^3, 10$ .

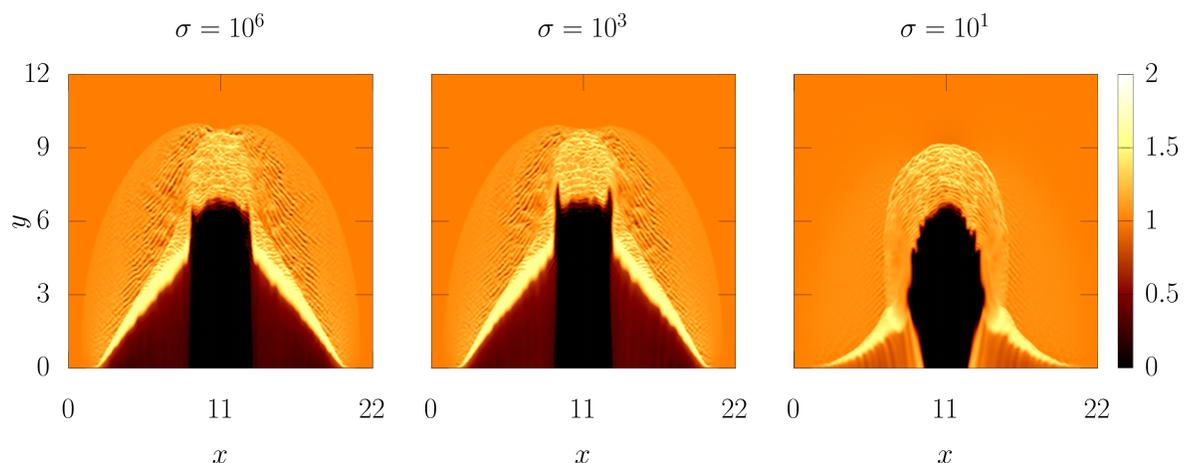


Figura 2:  $\log_{10}(\rho)$  en  $t = 28$  para  $\sigma = 10^6, 10^3, 10$ .

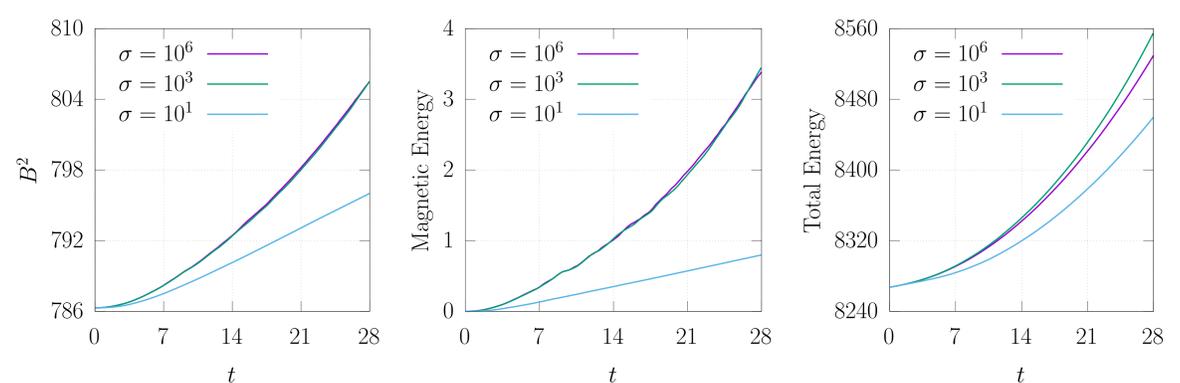


Figura 3: Evolución de variables globales.

## PUNTA DEL JET

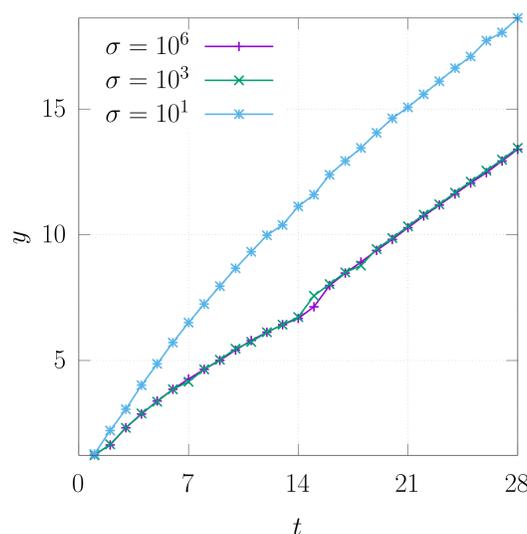


Figura 4: Posición de la cabeza del Jet.

## CONCLUSIONES

En nuestras simulaciones hemos encontrado que la resistividad juega un papel crucial en la formación de plasmoides y en la estructura general del jet. Incrementando los choques internos, la turbulencia y las inestabilidades, afectando la morfología del jet y su estabilidad a lo largo de su evolución. De igual forma se identificó el aumento de sitios de reconexión magnética en simulaciones con mayor resistividad, proceso fundamental para comprender la conversión de energía magnética en energía cinética, lo que resulta en la aceleración de partículas y la emisión de radiación no térmica en rangos de alta energía, como rayos X, marcador característico de varios objetos astrofísicos como las explosiones de rayos gamma (GRBs).