

Dimension Fractal: Un enfoque para la Teoria de Ondas de Densidad

Vladimir Jearim PENA SUAREZ, Fis

Grupo Halley de Astronomia, Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga

**Escuela de Fisica Matematica: Metodos del Analisis Funcional en
Mecanica Cuantica y Relatividad General**

Universidad de Los Andes
Bogota, junio 3 de 2010

Dimension Fractal: Un enfoque para la Teoria de Ondas de Densidad

- Discos de Galaxias Seyfert
- Inestabilidades de Jeans
- Remarcables de la Teoria de Ondas de Densidad
- La importancia de la escala
- Geometria fractal: escalas y turbulencias
- Heuristica y metodologia
- Expectativas

Discos de galaxias Seyfert

Seyfert?

AGN, alta ionización al centro, BH central: Fueling

Estructura espiral: prototipo evolutivo

Correlaciones entre propiedades del disco y las de los brazos

Distribución de materia

Cronología de las estrellas, relaciones de masa, radio, potencial gravitacional, simetría

Herramientas de estudio

Espectros, simulaciones, teorías clásicas, teorías novedosas...

Il faut mélanger...





Inestabilidades de Jeans

Potencial gravitacional vs. Movimiento rotacional

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0 \qquad \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p - \nabla \Phi \qquad \nabla^2 \Phi = 4\pi G \rho$$

Inercia del medio: Densidad variable, dispersion...

Onda de densidad

$$v_s^2 \equiv \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_{\rho_0} \qquad \rho_1(\vec{x}, t) = \int c(\vec{k}) e^{i(\vec{k} \cdot \vec{x} - \omega(\vec{k})t)} d^3 \vec{k}$$

$$\omega^2 = v_s^2 k^2 - 4\pi G \rho$$



Inestabilidades de Jeans

- Limites de estabilidad de masa y de escala

$$M_J = \frac{4\pi}{3} \rho \left(\frac{\lambda_J}{2} \right)^3 \quad \lambda_J = \frac{v_s^2}{2\pi G \rho_0}$$

- Sistemas estelares: Sistema autogravitante libre de colisiones: maxwellien

$$v_s \rightarrow \sigma = \sqrt{\frac{k_B T}{m}} \quad \lambda_J = \frac{\sigma^2}{2\pi G \rho_0}$$

- $\rho \sim t^{2/3}$ (real): Estadios evolutivos tempranos de la formacion de galaxias



Teoria de Ondas de Densidad

- Disco de rotacion diferencial: perturbaciones de densidad en direcciones radial, azimutal definen cinematica global: orbitas, arrollamiento

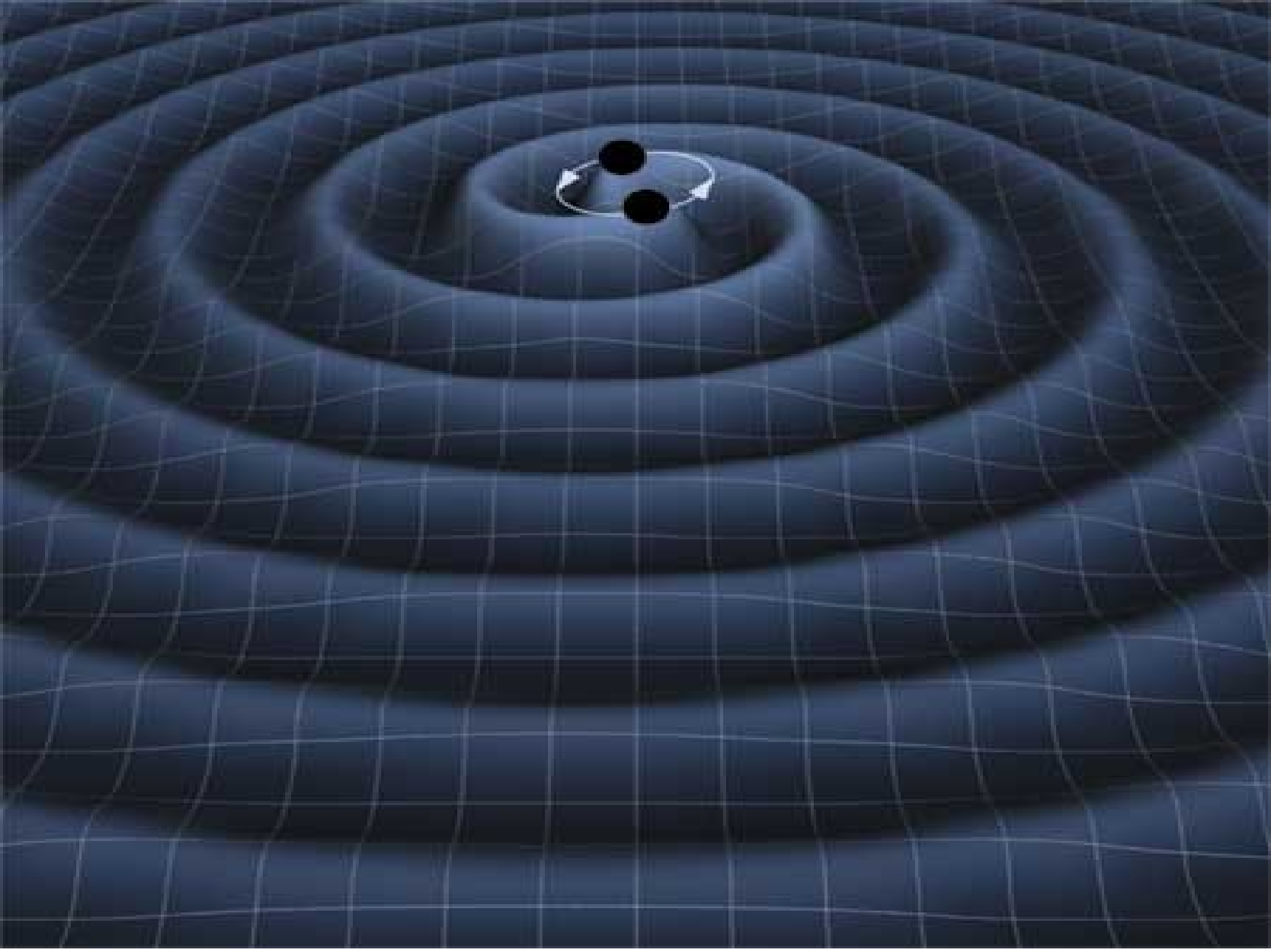
$$\kappa^2 \equiv \frac{\partial^2 \Phi_{eff}}{\partial R^2} \quad \Omega_p = \Omega - \frac{n\kappa}{m} \quad \cot(i) = Rt \left| \frac{d(\Omega - 1/2\kappa)}{dR} \right|$$

- Arrollamiento debil (evidencia): perturbaciones de densidad dependen de escala, presion solo en el plano del disco

$$\Sigma_1(R, \phi, t) = A(R, t) e^{i(m\phi + f(R, t))}$$

$$p \approx K \Sigma^\gamma$$

$$v_s^2 \approx \gamma K \Sigma^{\gamma-1}$$



Teoria de Ondas de Densidad

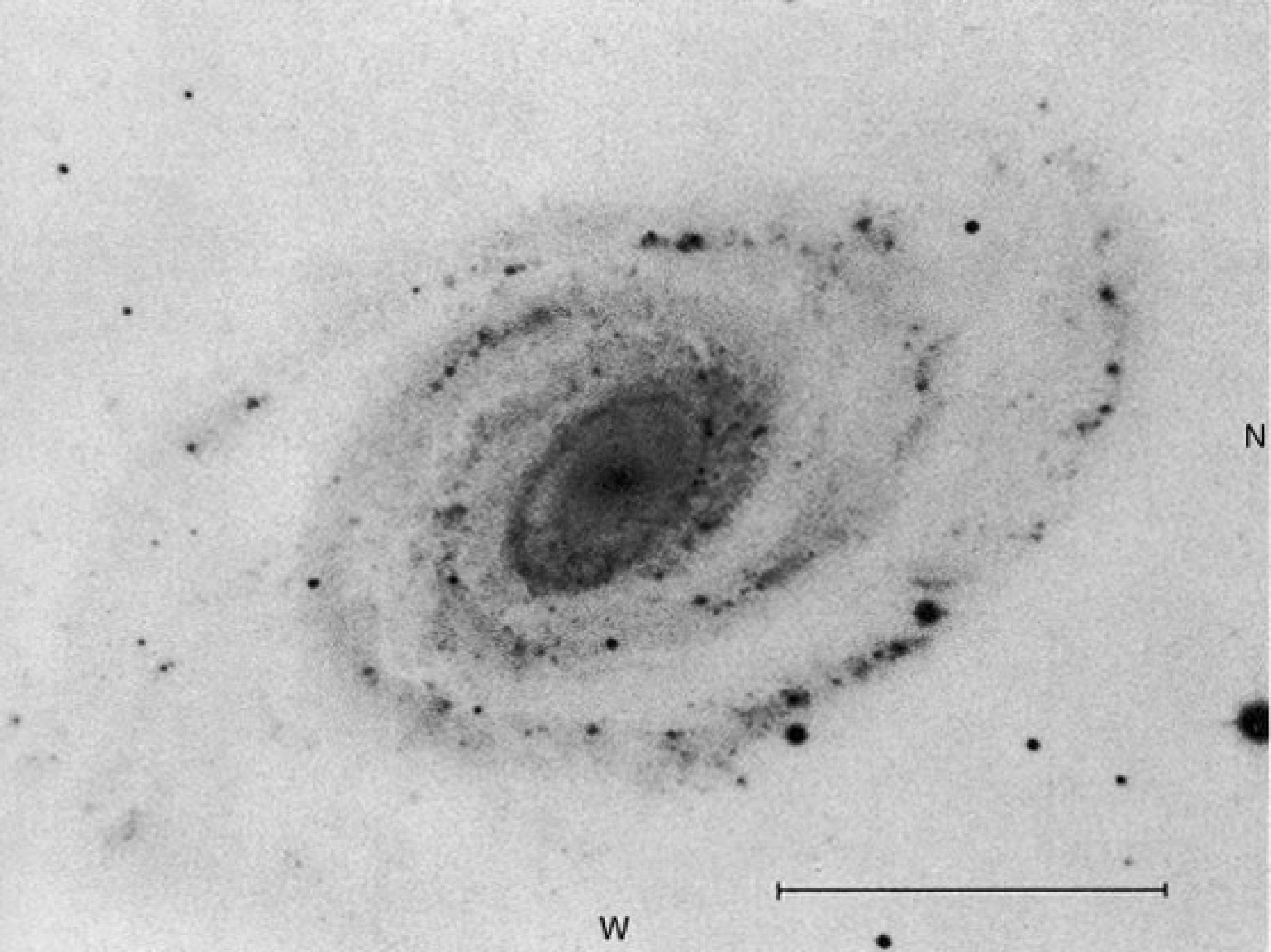
- Dispersion de velocidades: Ondas de densidad en el disco gaseoso/estelar

$$(m\Omega - \omega)^2 = \kappa^2 - 2\pi G \Sigma k F\left(\frac{\omega - m\Omega}{\kappa}, \frac{k^2 \sigma_R^2}{\kappa^2}\right)$$

- Inestabilidad de Toomre: Gravitacion vs. Dinamica

$$Q \equiv \frac{\sigma_R k}{3.36 G \Sigma} \sim \begin{cases} > 1: \text{Inestabilidad Hidrodinamica} \\ < 1: \text{Inestabilidad Autogravitante} \end{cases}$$

- Fueling del nucleo: Propagacion eficiente de ondas de densidad, morfologias locales dependen de la escala



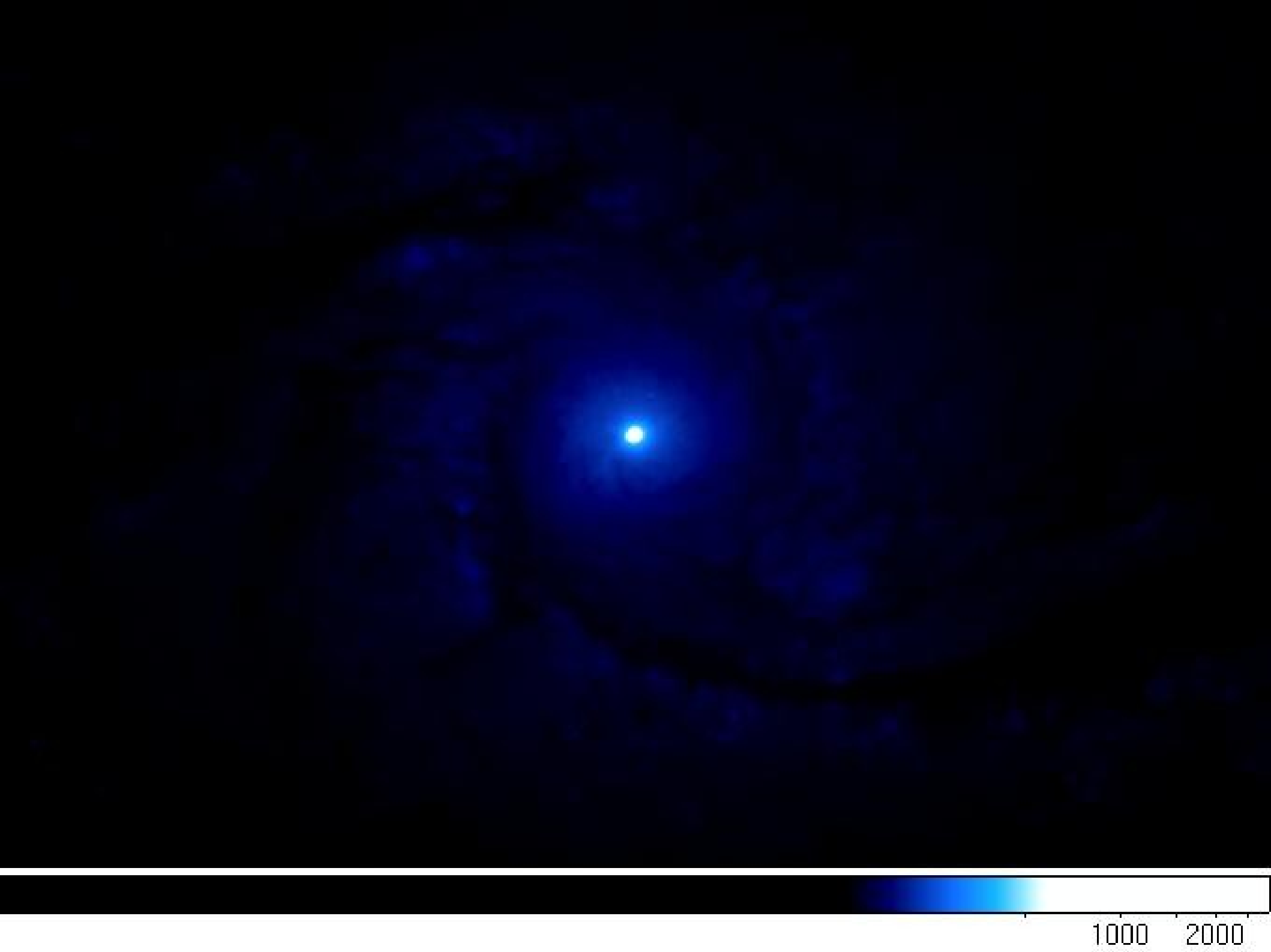
N

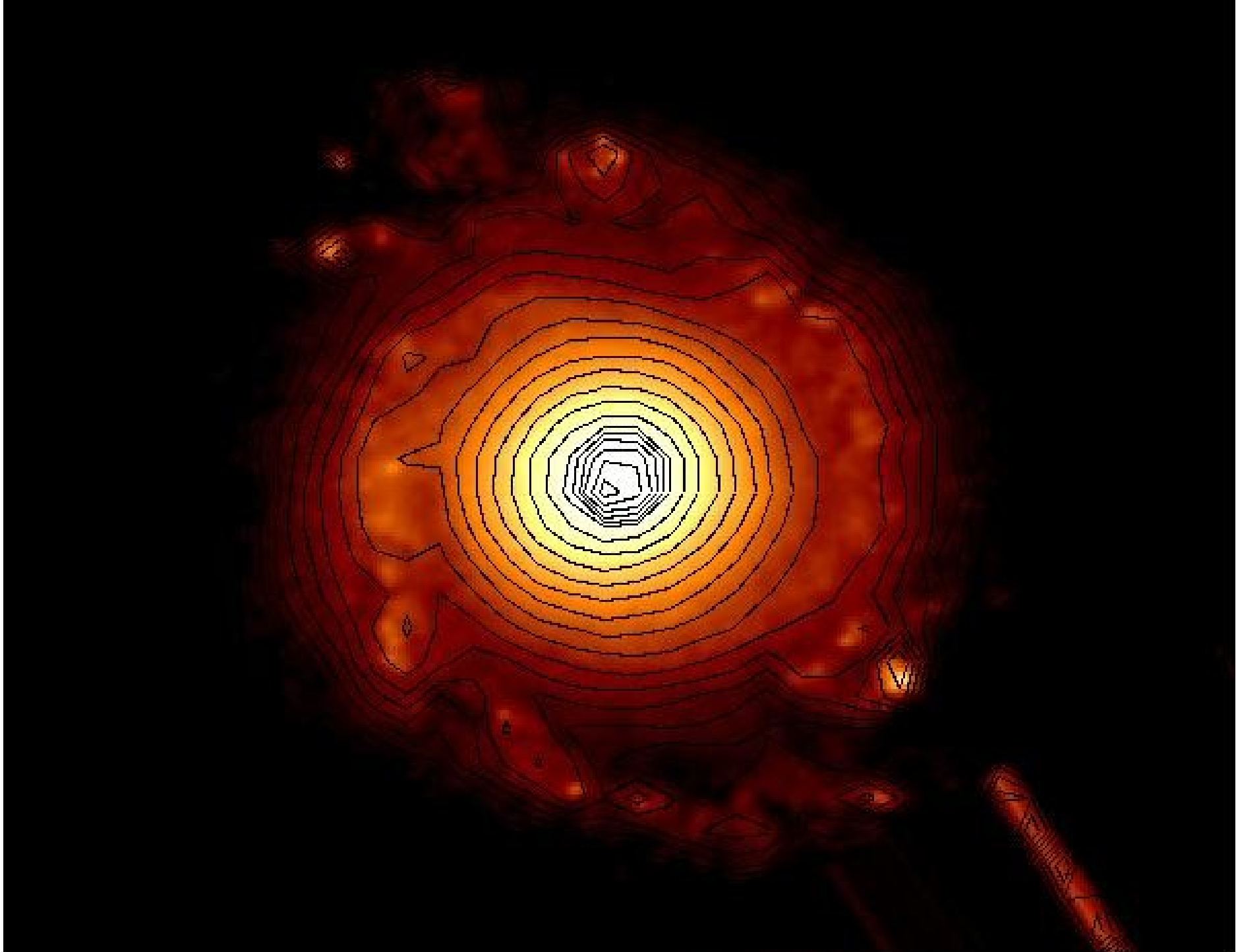
W



La importancia de la escala

- Medida de Q en galaxias Seyfert: propiedades fotometricas, modelo de dispersion de velocidades, extincion y enrojecimiento
- Resolucion de imagenes y espectros
- Cronologia radial de las estrellas: Distribuciones de bandas IR, H, B...
- Efectos dinamicos nucleares: BLR, NLR, ESE



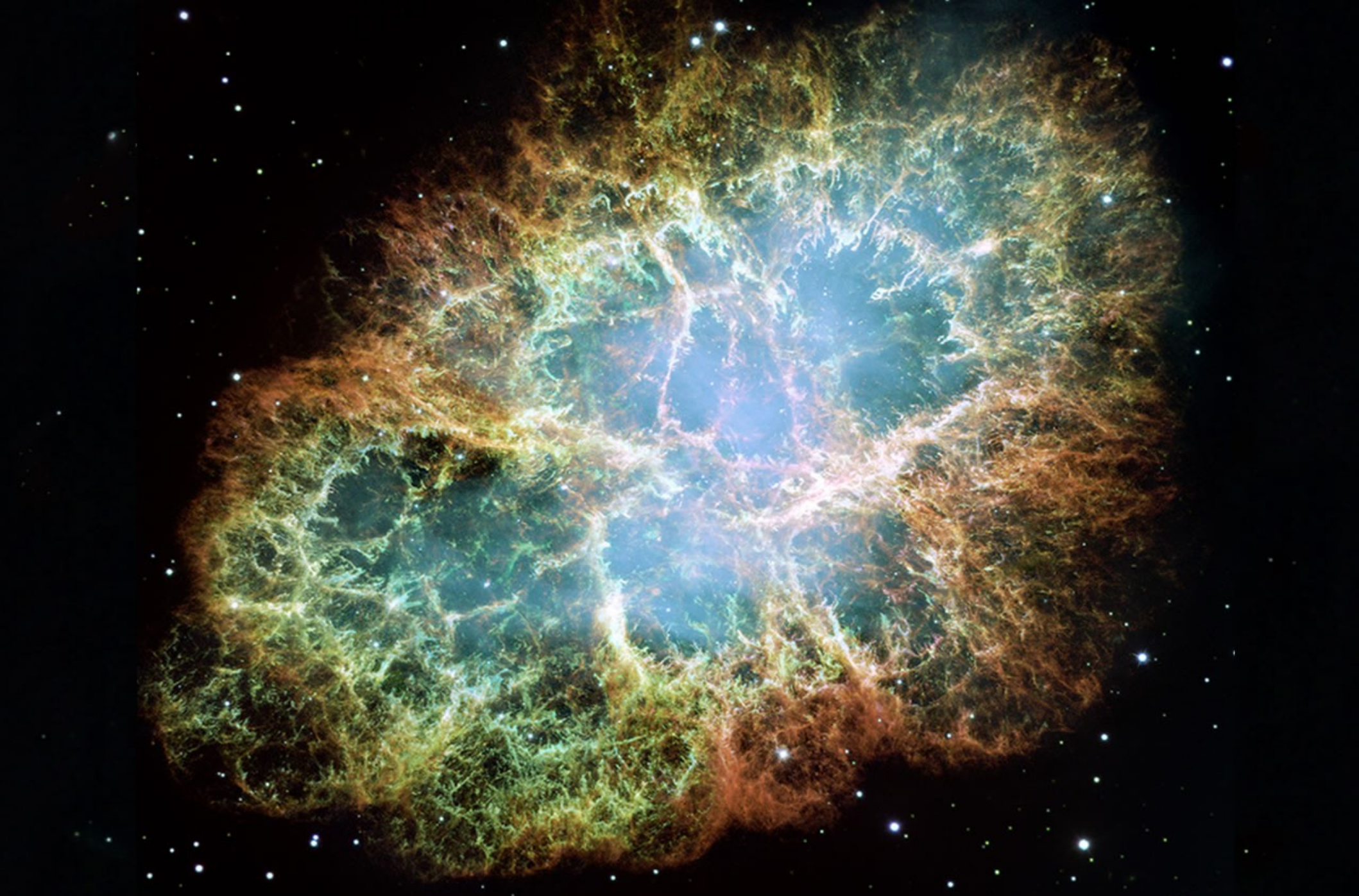


0.2 0.4 0.6 0.8 1

Geometria Fractal: escalas y turbulencias

- Irregularidades aparentes: Patrones “irracionales” de similitud pese a la escala
- Leyes de escala en astrofisica: Distribucion aleatoria del ISM obedece leyes de potencias de R , σ , M
- Dimension de Hausdorff, fractal y leyes de potencias

$$L(r) \sim F r^{1-D} \quad D = \lim_{r \rightarrow 0} - \frac{\log N}{\log r}$$



Mosaic of The Crab Nebula



HUBBLESITE.org

Geometria Fractal: escalas y turbulencias

- Jerarquias: autosimilitudes no son globales. Barras entre barras, spots en brazos,...
- Autogravedad: jerarquias... Hidrodinamica: perturbacion y turbulencia
- Mapas de extincion luminosa: “Box-counting de D”

$$\sigma \propto R^q, q \sim 0,3 - 0,5$$

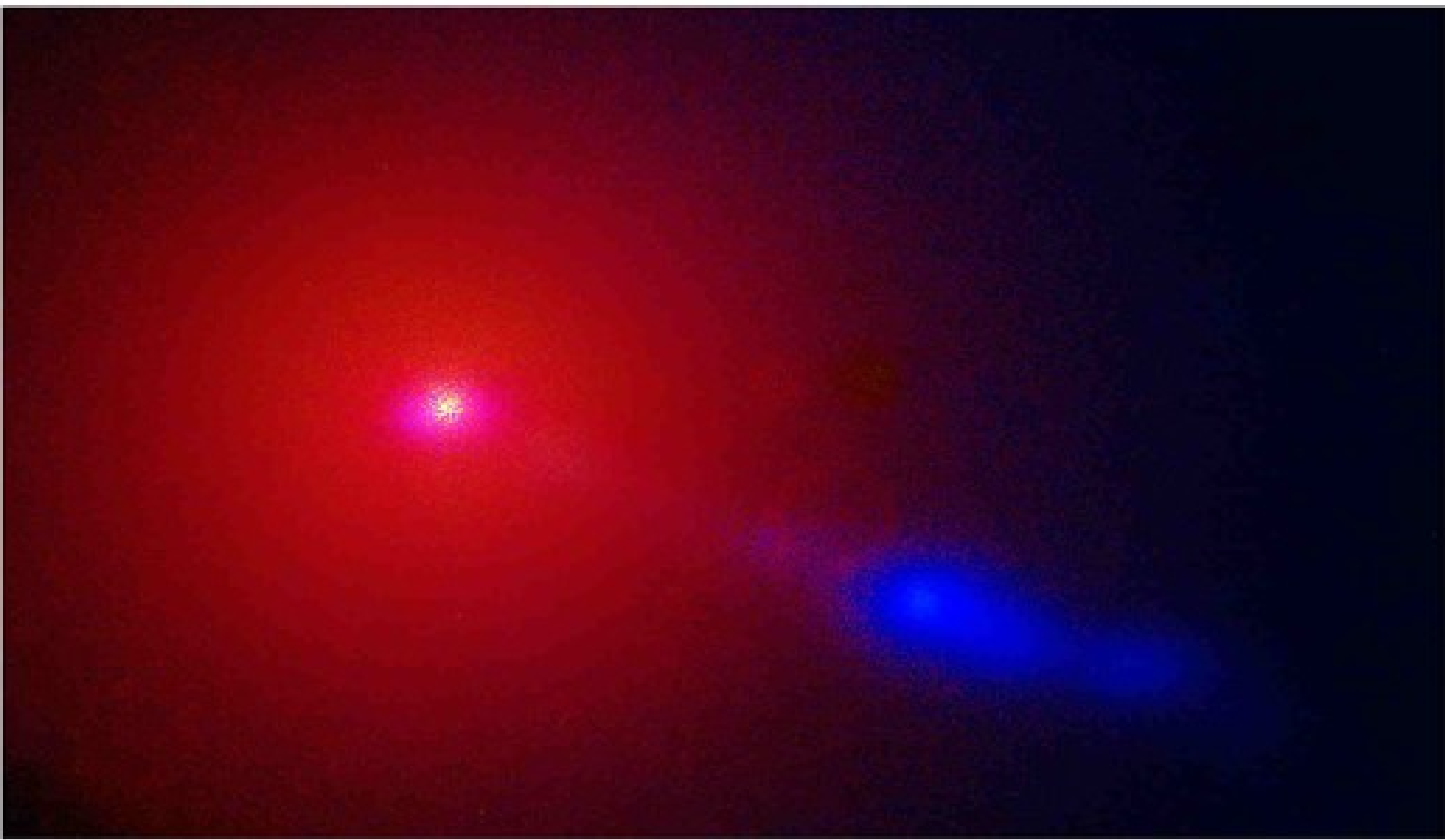
$$M \propto R^D, D \sim 1,6 - 2$$

$$\bar{\rho} \propto R^{-\alpha}, \alpha \sim 1 - 1,4$$

Geometria Fractal: escalas y turbulencias

$$Re \equiv \frac{vL}{\nu}$$

- ISM: Turbulento, densidad y presión fluctúan,
- Energía se transfiere a través de las jerarquías
- No gaussianidades en perfiles espectrales: intermitencia de v , σ
- Autogravedad define σ (*linewidth*). Sistemas altamente virializados ($\Phi \sim r^n$)
- Rotación galáctica: aglomeraciones inestables, Fueling perturbado
- B en galaxias: Consecuencia, no causa



The Energetic Jet in Messier 87

Heurística y Metodología

- Dimension Fractal para Galaxias Seyfert?
 - Jerarquias “radiativas”: evolución cronológica
 - Crítica/complemento a inferencias fotométricas
 - Modelamiento de condiciones de inestabilidad gravitacional – Leyes de escala de la/las galaxias

Expectativas

- Analisis de resonancias y patrones ondulatorios de galaxias por estimacion de D
- Estimacion de propiedades del entorno nuclear usando D
- Reflexion sobre generalidad de leyes de escalado vs. Implicaciones cosmologicas

GRACIAS!!!

