

Mapas de Galaxias

¿Es necesario modificar la gravedad?

Miguel Aparicio Resco

La cosmología cuenta con tan sólo cien años de historia. Desde entonces, las observaciones han ido aumentando y convirtiendo a la cosmología en una ciencia de precisión. Los últimos satélites encargados de medir el fondo cósmico de microondas, WMAP y Planck, así como el análisis de Supernovas Ia, nos han permitido conocer con precisión la composición del universo. Dicha composición requiere o bien del fluido conocido como energía oscura, cuya dinámica es desconocida, o bien de una modificación de la gravedad. En los próximos años, las nuevas generaciones de mapas de galaxias (EUCLID, DESI, J-PAS...) nos permitirán romper esta ambigüedad respondiendo a la pregunta ¿es necesario modificar la gravedad?

Energía oscura y gravedad modificada:

Podemos explicar la expansión acelerada del Universo de dos formas: con la existencia de un fluido de presión negativa llamado **energía oscura**,

$$P_{DE} = \omega_{DE} \rho_{DE}$$

o bien con **modificaciones de la teoría de gravedad** que incluyen grados de libertad adicionales como campos escalares o vectoriales.

Perturbaciones de la métrica:

Estudiando la evolución de las perturbaciones de la métrica homogénea e isótropa, podemos extraer información sobre la teoría de gravitación,

$$ds^2 = -(1 + 2\Psi) dt^2 + a^2(t) (1 + 2\Phi) dx^2$$

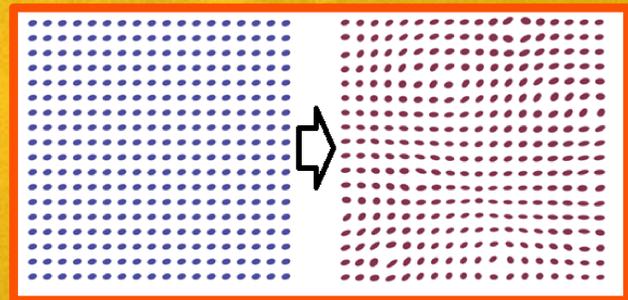
Para parametrizar desviaciones respecto a la Teoría General de la Relatividad, definimos los siguientes parámetros,

$$\mu \equiv \frac{G_{eff}}{G} \quad \eta \equiv -\frac{\Phi}{\Psi}$$

En escalas mucho menores que el parámetro de Hubble ($H \equiv \dot{a}/a$), las correspondientes a los mapas de galaxias, una modificación de $\mu \neq 1$ o $\eta \neq 1$ **sólo puede deberse a una modificación de la teoría de gravedad**, y no a la presencia de energía oscura (modelos de quintaesencia).

Observables de los mapas de galaxias:

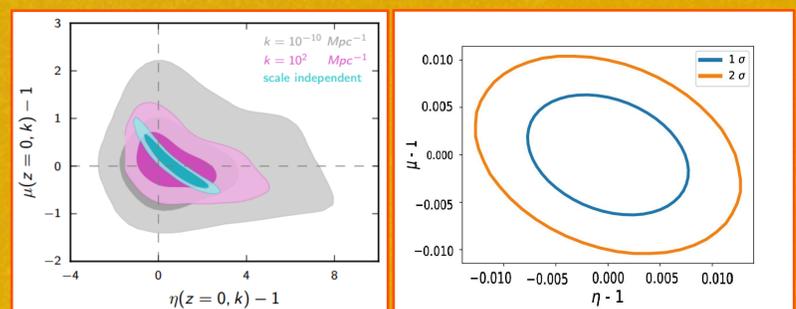
- **Distribución:** podemos medir, en función de la escala, cómo de agrupadas están las galaxias. Obtenemos así el **espectro de potencias de agrupamiento** (*clustering*). Dicho espectro depende tanto de la cosmología de fondo como de la evolución de las perturbaciones, en concreto de μ .
- **Forma:** la luz que nos llega de las galaxias se desvía por las inhomogeneidades del campo gravitatorio. Este efecto modifica la elipticidad de las galaxias.



Midiendo este efecto de forma estadística, obtenemos el **espectro de potencias de lente débil** (*weak lensing*). El potencial gravitatorio que hace que estos fotones se desvíen depende del parámetro η .

- **Con los mapas de galaxias podemos medir los parámetros de gravedad modificada μ y η para distintas épocas del Universo.**
- **Podemos diferenciar varios modelos de energía oscura de las teorías de gravedad modificada.**
- **Los datos obtenidos de los mapas de galaxias modernos, como son EUCLID, DESI o J-PAS; dan un paso más hacia una cosmología de mayor precisión.**

Haciendo uso de los datos de futuros mapas de galaxias, como **Euclid**, podemos estimar los errores en μ y η ,



Planck
2009 - 2015

Euclid
2020 - 2027