

# Formación de estructura a gran escala: alineamiento de galaxias pares con filamentos cósmicos

Dra. Mesa Valeria <sup>1</sup>, Dra. Duplancic F. <sup>2</sup>, Dra. Alonso S. <sup>2</sup>, Lic. Muñoz  
Jofré M.R. <sup>3</sup> & Dr. Lambas D.G. <sup>3,4</sup>

60° Reunión AAA, Malargüe,  
Septiembre 2017

1: Instituto Argentino de Nivología Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA-CONICET), Mendoza

2: Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, UNSJ-CONICET, San Juan

3: Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE-CONICET), Córdoba, Argentina y 4: Observatorio  
Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba



# Antecedentes:

Los cúmulos, filamentos y *voids* son los ladrillos de la red cósmica. La formación de halos de materia oscura responde a estos diferentes ambientes a gran escala, y esto a su vez afecta las propiedades de las galaxias alojadas por estos halos.

- Zhang et al. (2009) → el eje mayor de los halos y el spin tienden a alinearse con los filamentos
- Simulaciones → dirección preferencial de galaxias satélites con el ambiente (Barber et al. 2015, Sales et al. 2015)

# Antecedentes:

## Observaciones

Lambas et al (1988)

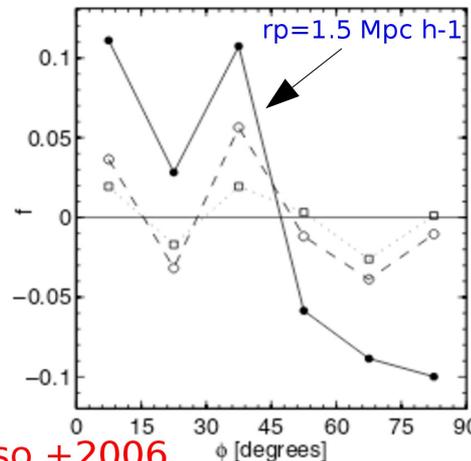
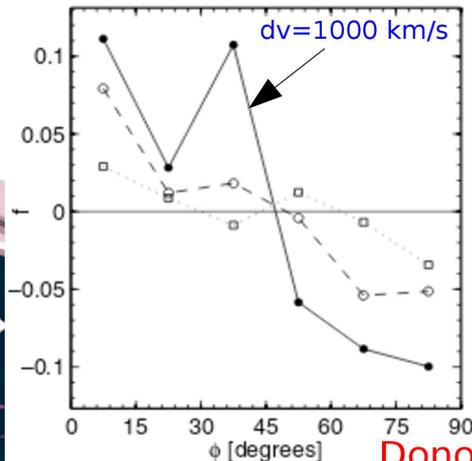
Los conteos de galaxias son mayores en la dirección de los ejes mayores de cúmulos brillantes, dentro de  $15h^{-1}\text{Mpc}$

Donoso et al. (2006)

clara alineación de galaxias LRG y la distribución de galaxias dentro de  $1.5 h^{-1} \text{Mpc}$

Zhang et al. (2013)

los ejes principales de las galaxias en filamentos tienden a estar alineados con las direcciones de los mismos. Particularmente las galaxias centrales rojas



Donoso + 2006

# Antecedentes:

## Catalogo de filamentos de Tempel et al 2014

→ A partir del SDSS-DR8 obtuvieron un catálogo con 15421 filamentos, compuestos por 576493 galaxias, entre  $z=0.009$  y  $z=0.155$ .

Tempel et al. (2015)

- Alineación entre la posición de galaxias satélite y el eje del filamento.
- Mayor señal en galaxias centrales y satélites más rojas y más brillantes.

Tempel & Tamm (2015)

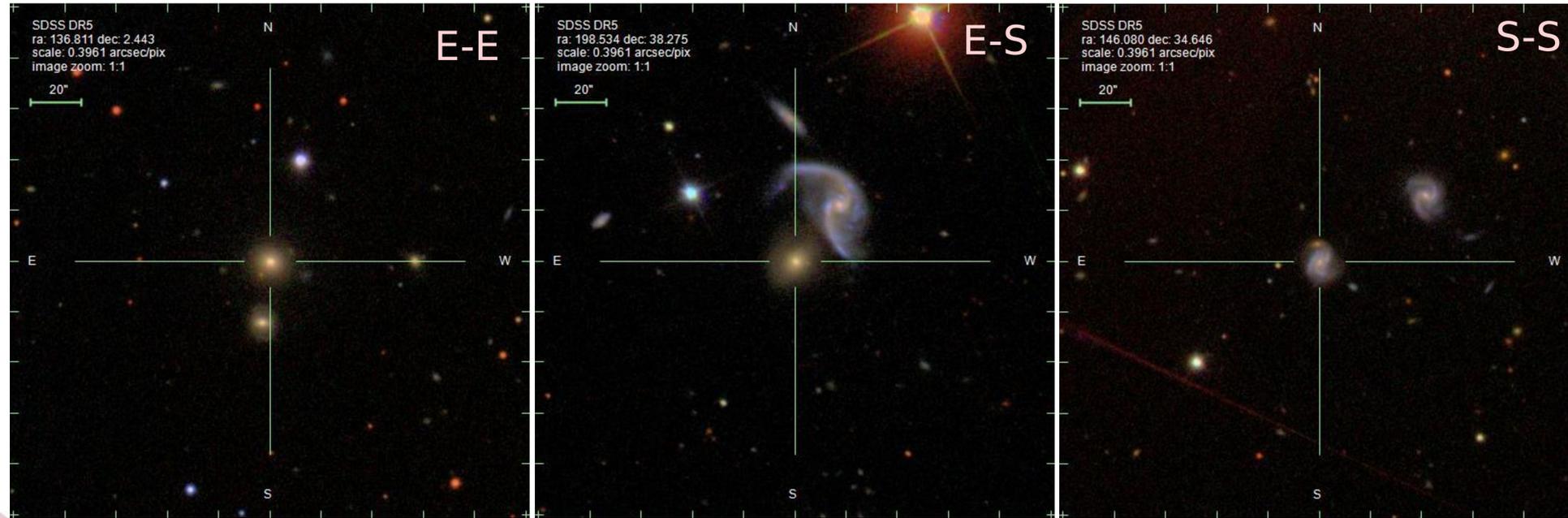
- Pares con  $r_p < 1 \text{ h}^{-1} \text{Mpc}$
- Pares más lejanos muestran alineación.
- 25 % de exceso comparado con muestra aleatoria

# Selección de la muestra:

A partir de la Main Galaxy Sample de SDSS-DR7 seleccionamos galaxias con datos espectroscópicos, con separaciones proyectadas  $r_p < 100 h^{-1} \text{kpc}$  y velocidad radial relativa  $\Delta V < 500 \text{ km s}^{-1}$ , dentro de  $z < 0.1$ .

- Correlación con catálogo **Galaxy Zoo** (Lintott et al. 2008 , Lintott et al. 2011): seleccionamos galaxias clasificadas como espirales o elípticas, considerando una fracción de votos  $> 0.6$ . Se obtiene de esta manera tres tipos de pares de galaxias, pares elíptica-elíptica (**E-E**), elíptica-espiral (**E-S**) y espiral-espiral (**S-S**)
- Correlación con catálogo de **filamentos** de **Tempel et al (2014)**, luego de la correlación se observa que el 85% de los pares pertenecen a filamentos.

# Selección de la muestra:



Ejemplo de pares de galaxias E-E, E-S y S-S

# Pares y filamentos

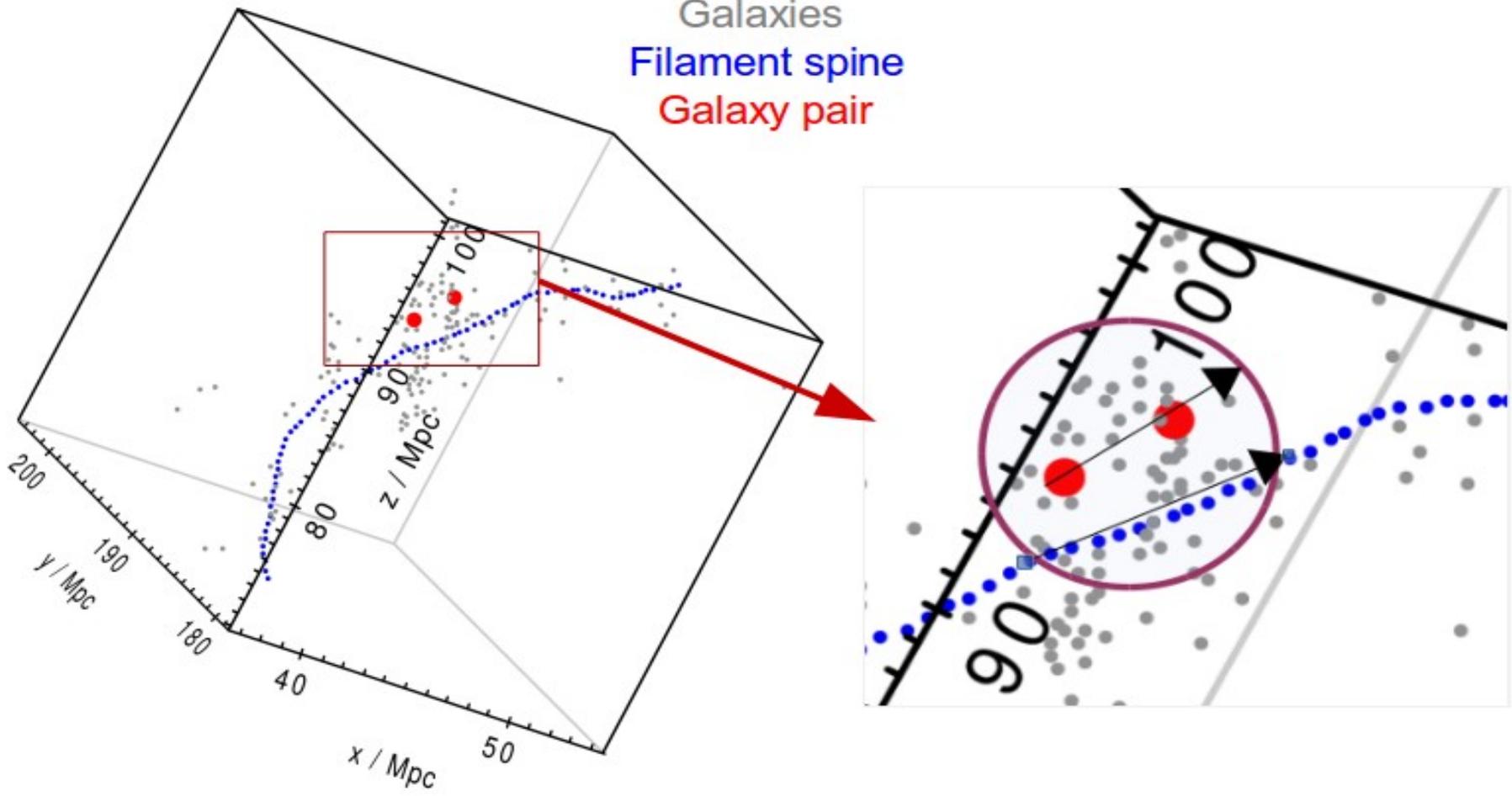
## Orientación relativa de pares de galaxias y filamentos:

- Utilizamos las coordenadas cartesianas  $(x, y, z)$  de las partículas que trazan los filamentos en la muestra de Tempel.
- Para evitar el efecto de las velocidades peculiares en los pares se trabajó en un plano proyectado, y se evaluó cómo es la orientación relativa del eje que une al par de galaxias, con el eje de su filamento asociado.
- Para hallar el ángulo entre el eje de cada par y su filamento se implementó un algoritmo en el cual se calcula la distancia entre el par y el filamento y se pide que dentro de un radio cercano al par (0.5 Mpc) se encuentren al menos dos partículas trazadoras del filamento, con las cuales se calculará el vector que le da la dirección al mismo

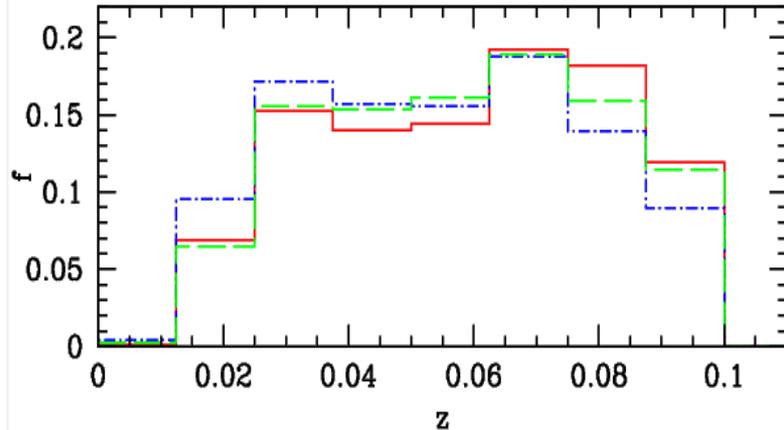
# Pares y filamentos

$$\cos \alpha = \frac{\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}}{|\mathbf{u}| |\mathbf{v}|}$$

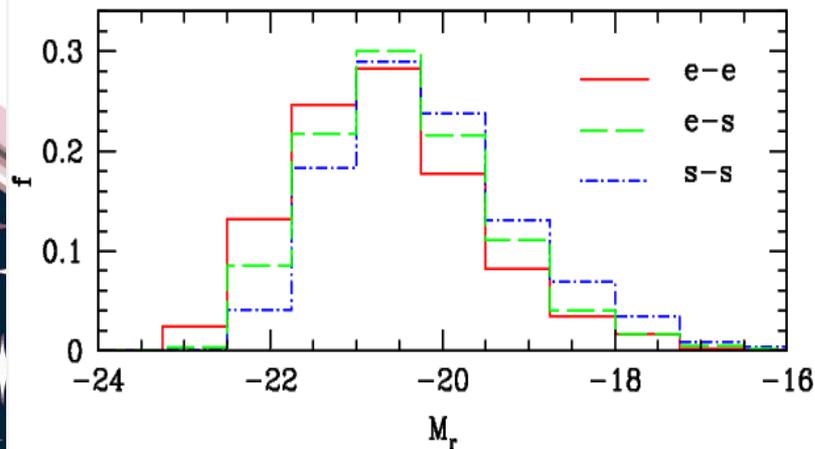
Galaxies  
Filament spine  
Galaxy pair



# Pares y filamentos



Classification	Number of pairs	Percentages
E-E	700	23.62%
E-S	1466	49.63%
S-S	788	26.68%
Total	2954	100%



Se ajustaron las submuestras de pares, de tal forma que presenten similares distribuciones en  $z$  y  $M_r$  y se realizo un KS test.

# Pares y filamentos

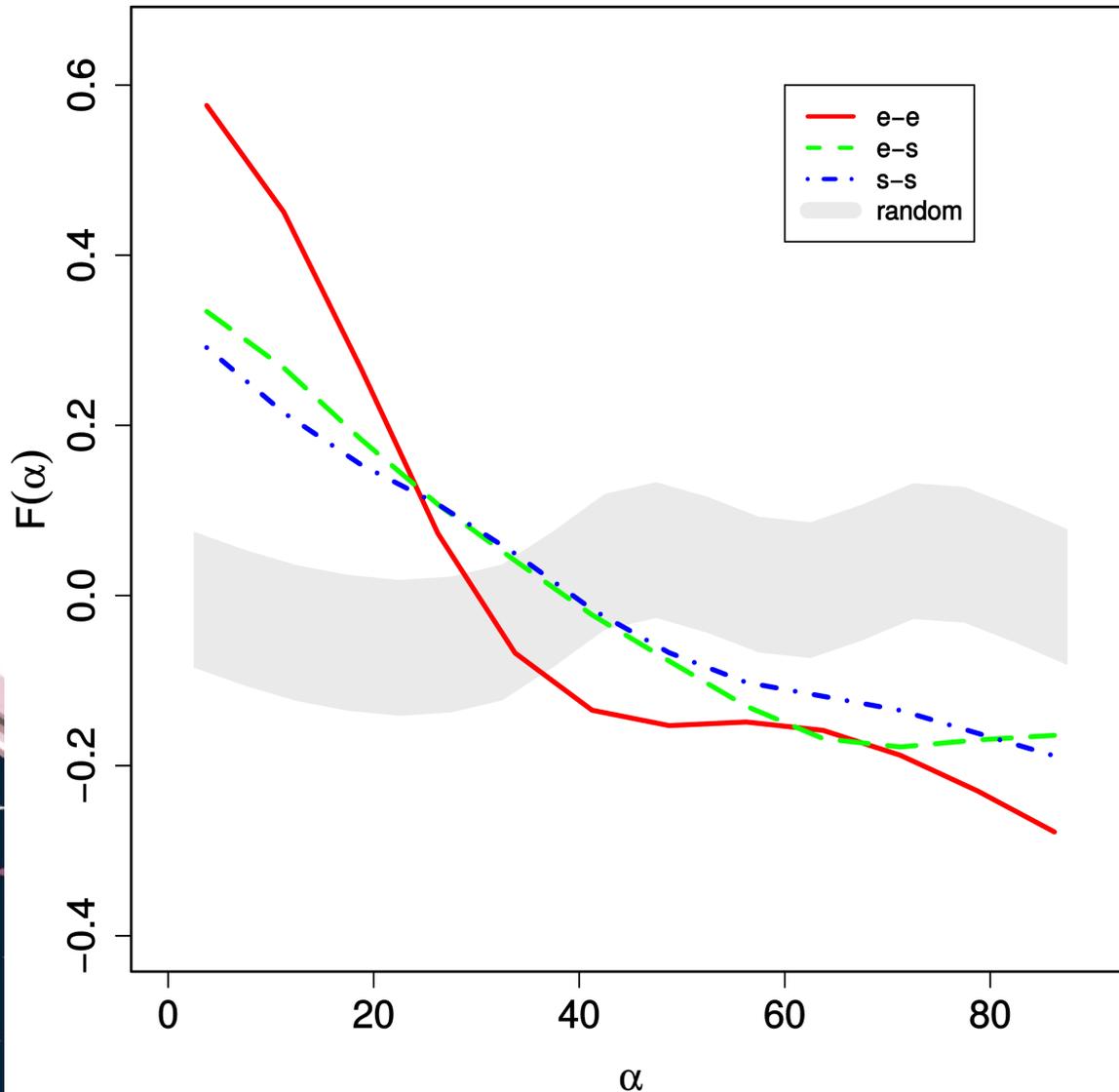
Para cuantificar el grado de alineamiento se utilizó la función  $F(\alpha)$ , definida como:

$$f(\alpha) = \frac{N(\alpha) - \langle N(\alpha) \rangle}{\langle N(\alpha) \rangle}.$$

Y permite hacer un ajuste con  $F(\alpha) = b \cos(2\alpha)$ , donde el coeficiente  $b$  caracteriza la fuerza del alineamiento.

Classification	$b$
E-E	$0.33 \pm 0.07$
E-S	$0.29 \pm 0.04$
S-S	$0.14 \pm 0.06$

# Pares y filamentos



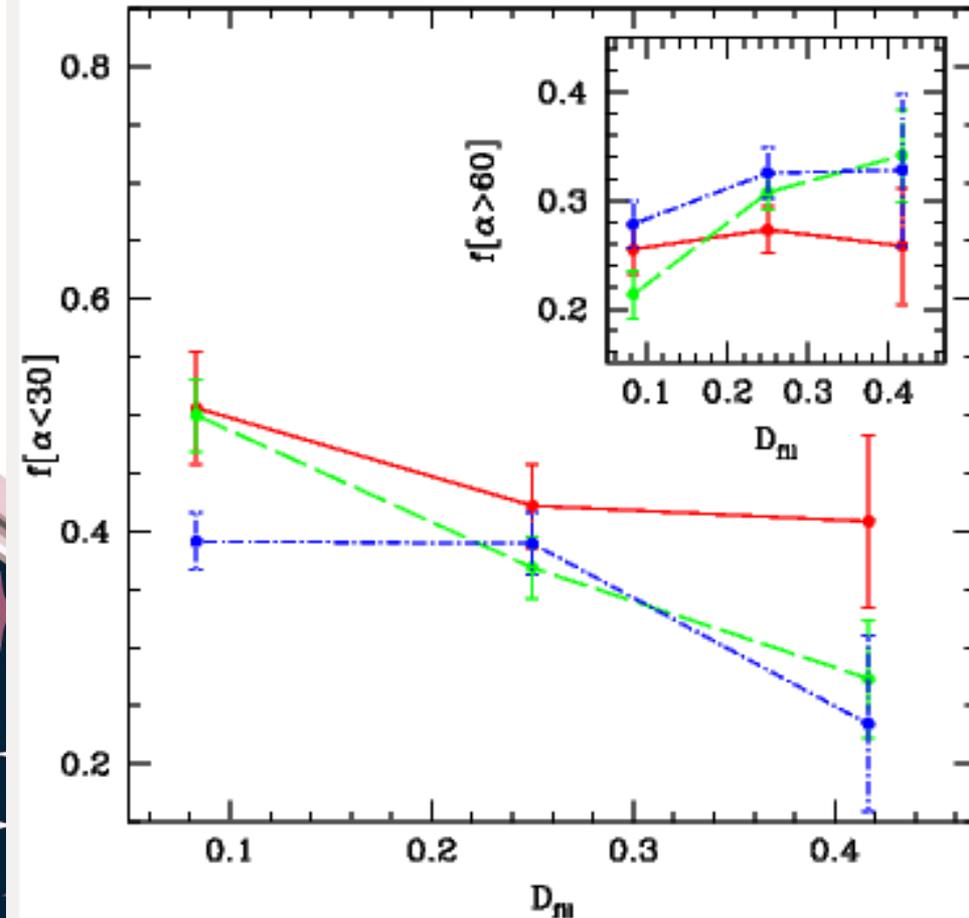
Fracción relativa de galaxias  $F(\alpha)$ , para las distintas submuestras de pares.

El área sombreada representa una muestra aleatoria.

Mesa et al (in prep)

# Pares y filamentos

## Dependencia con la distancia al filamento



Parámetro de alineamiento  $b$ , según los sistemas estén por arriba o abajo de la mediana en la distancia al filamento.

Classification	$b_{close}$	$b_{far}$
E-E	$0.33 \pm 0.12$	$0.25 \pm 0.10$
E-S	$0.40 \pm 0.08$	$0.01 \pm 0.06$
S-S	$0.21 \pm 0.09$	$0.04 \pm 0.08$

Fracción de pares alineados y anti-alineados vs distancia al filamento.

Mesa et al (in prep)

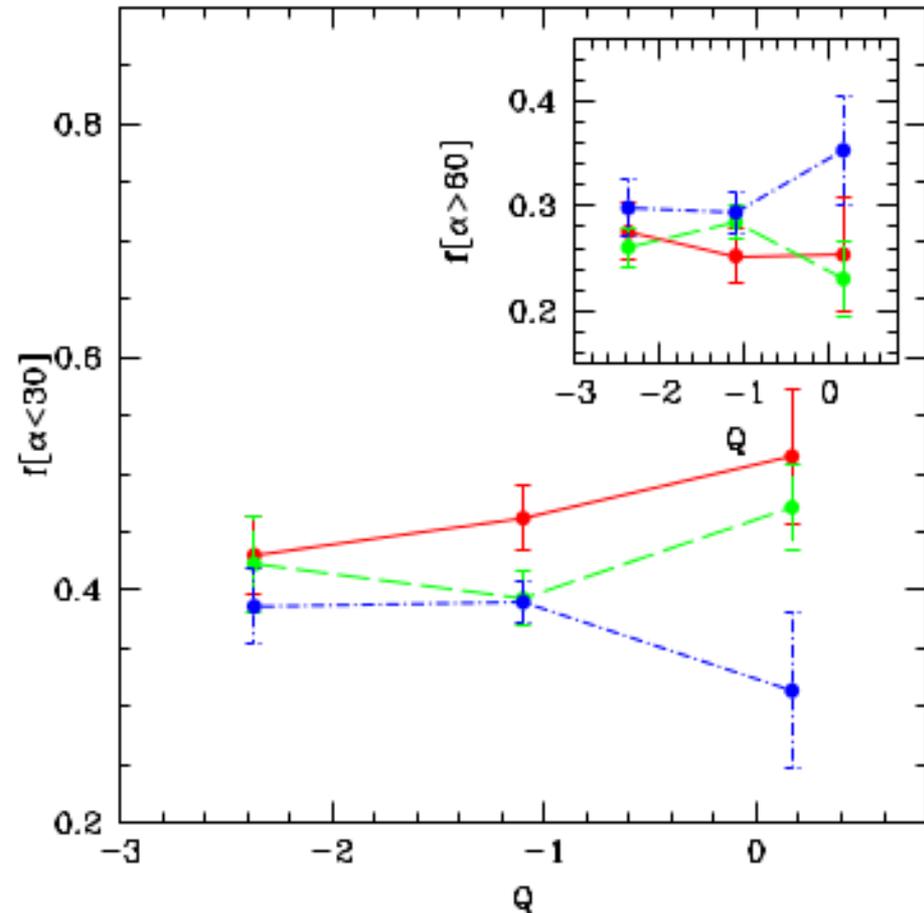
# Pares y filamentos

Hemos estimado el “*tidal strength parameter*”  $Q$  para nuestras muestras, y es una estimación de la fuerza de interacción gravitacional total que los vecinos producen en la galaxia central con respecto a sus fuerzas de unión interna. El mismo fue definido por Argudo-Fernández et al (2015) como:

$$Q = \log\left(\sum \frac{M_i}{M_P} \left(\frac{D_P}{d_i}\right)^3\right)$$

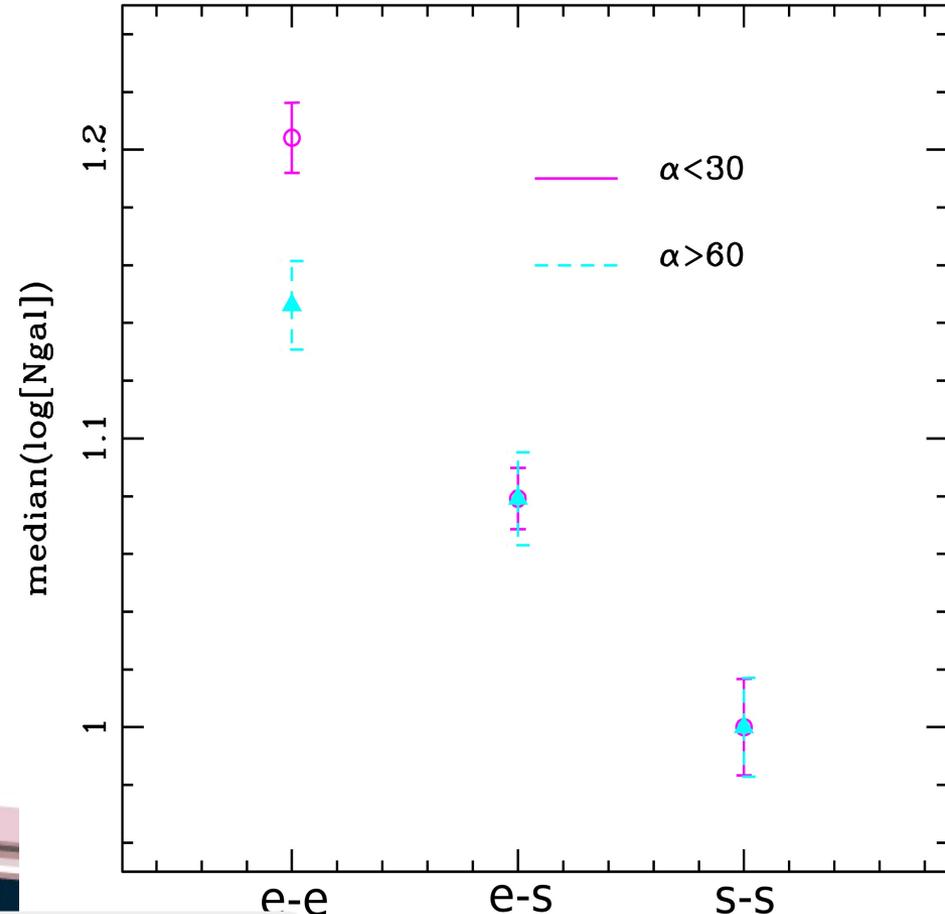
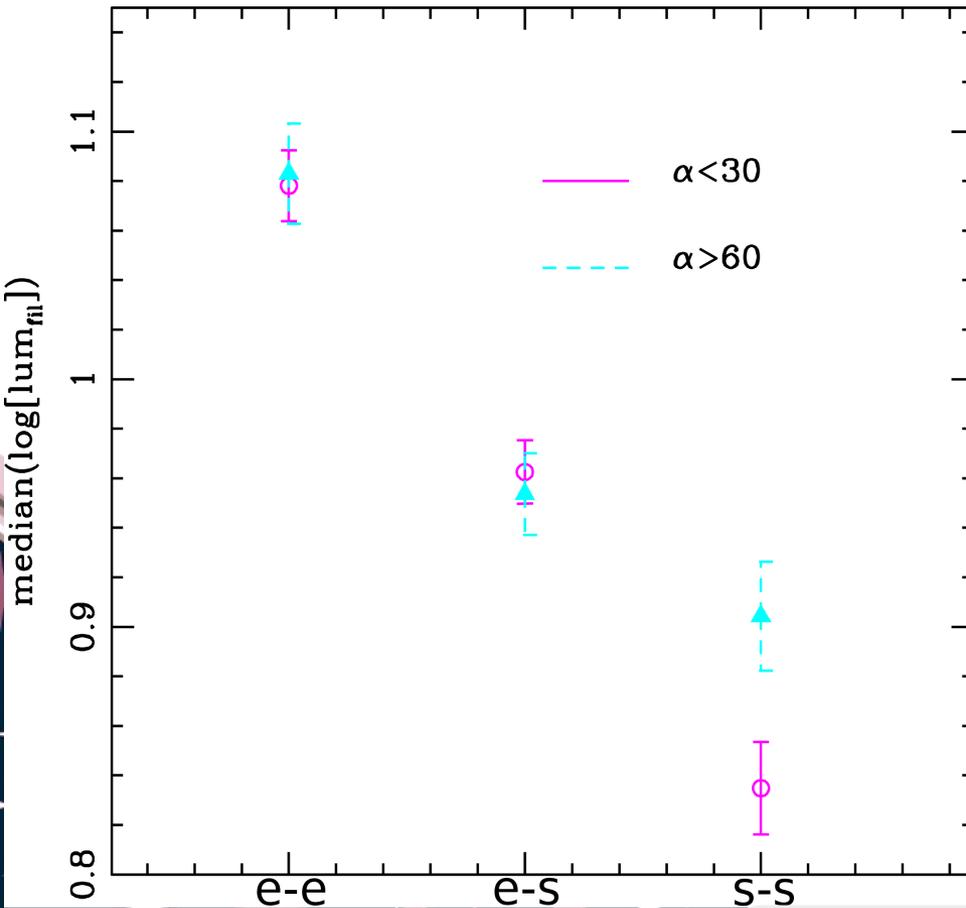
Fracción de pares  
alineados y anti-alineados  
vs  $Q$ .

Mesa et al (in prep)



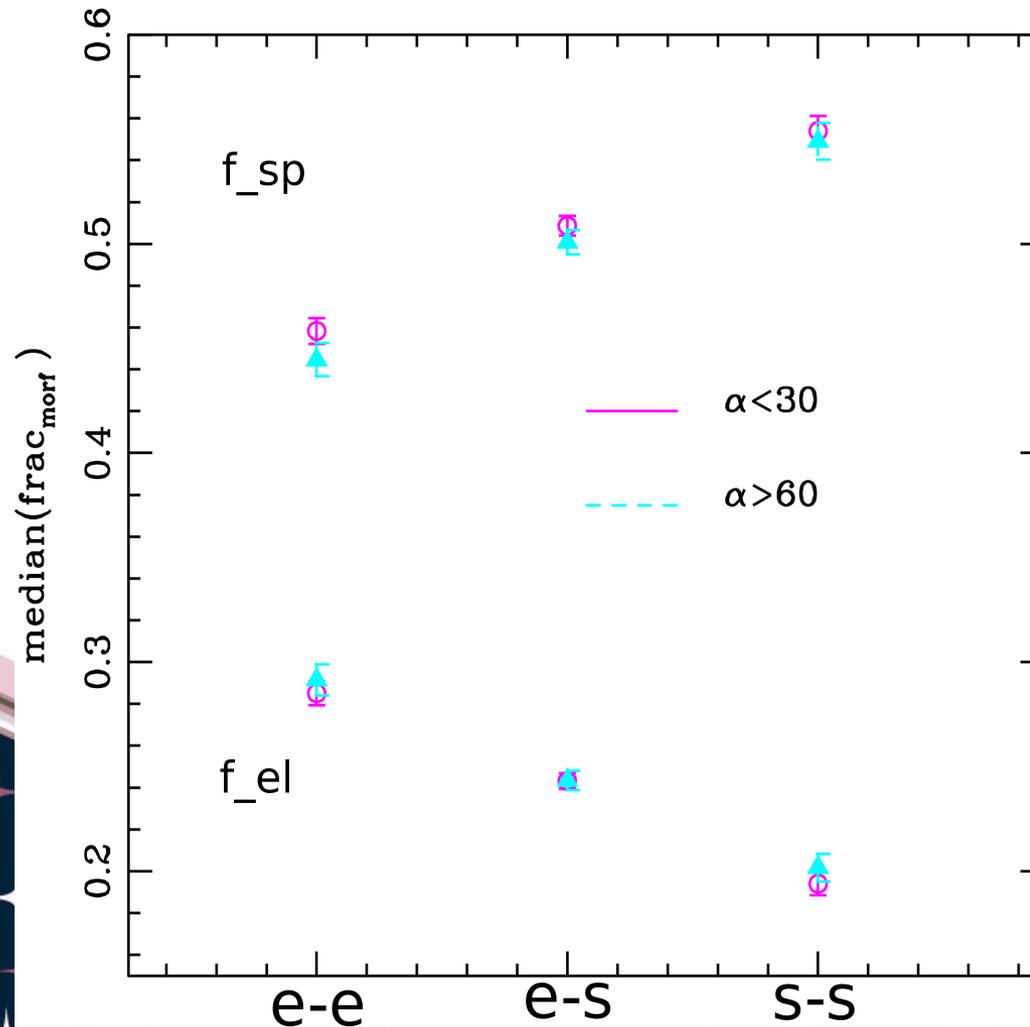
# Pares y filamentos

Fuerza del alineamiento según las propiedades generales de los filamentos



# Pares y filamentos

Fuerza del alineamiento según las propiedades generales de los filamentos



Mesa et al (in prep)

# Conclusiones

Pares compuestos por galaxias **Elípticas**

- Tienden a alinearse con su entorno.
- La tendencia aumenta cerca del eje del filamento o si existen fuerzas *tidales*.
- Pertenecen a filamentos más luminosos y con una mayor población de galaxias

Pares compuestos por galaxias **Espirales**

- Poseen alineamiento menor.
- Tienden a estar anti-alineados si las fuerzas *tidales* del sistema son más fuertes.
- Muestran una fuerte dependencia con la distancia al eje del filamento.
- Habitan filamentos menos poblados y menos luminosos.

**Muchas gracias!!**

