

Sobre los efectos de ram pressure en las galaxias y sus alrededores

Silvio Rodríguez

Director: Dr. Diego Garcia Lambas

Comisión Asesora: Dr. Manuel Merchán. Dr. Martín Leiva. Dr. Dante Paz

Mayo 9, 2019

- 1 Introducción
 - Galaxias en caída hacia grupos
 - Ram pressure
 - Evidencias de ram pressure
- 2 Efectos de Ram Pressure en simulaciones
- 3 Análisis del enrojecimiento de cuasares de fondo
 - Muestras
 - El método
 - Correcciones a la muestra
 - Resultados
 - Por otras características
- 4 Análisis del efecto sobre la galaxia
 - El método II
 - Resultados II
 - $\Delta C \leftrightarrow$ enrojecimiento del entorno
- 5 Conclusiones

- 1 Introducción
 - Galaxias en caída hacia grupos
 - Ram pressure
 - Evidencias de ram pressure
- 2 Efectos de Ram Pressure en simulaciones
- 3 Análisis del enrojecimiento de quasares de fondo
 - Muestras
 - El método
 - Correcciones a la muestra
 - Resultados
 - Por otras características
- 4 Análisis del efecto sobre la galaxia
 - El método II
 - Resultados II
 - $\Delta C \leftrightarrow$ enrojecimiento del entorno
- 5 Conclusiones

- Las primeras estructuras colapsan a partir de pequeñas sobredensidades, agrupándose luego en estructuras más grandes.
- Las galaxias se forman antes que los grupos y cúmulos.
- Las galaxias sufren diversos efectos al entrar en grupos:
 - Gravitacionales: mergers, encuentros próximos (galaxia-galaxia, galaxia-grupo), *harrasment*, etc.
 - Hidrodinámicos: evaporación termal, *stripping* viscoso y *ram pressure stripping*.

- Fenómeno descrito por primera vez en 1973 por Gunn & Gott¹.
- Ocurre al encontrarse la galaxia con el gas del medio intra-cúmulo. donde siente una presión dada por:

$$P \approx \rho_e v^2$$

- Esto produce:
 - Un aumento temporal de la SFR.
 - Una pérdida de material (polvo, gas) que termina reduciendo la formación estelar.
- En algunos casos se produce formación estelar en la columna de material perdido.

¹Gunn J. E., Gott J. R. I., 1972, ApJ, 176, 1

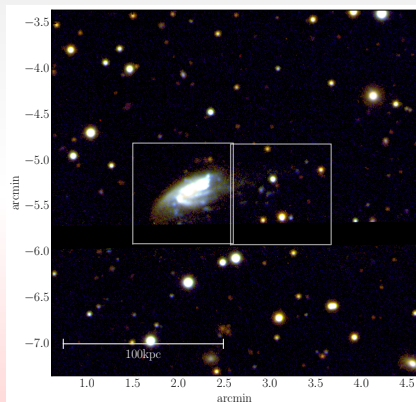
En simulaciones

- Es necesario aplicarlo en modelos semi-analíticos para reproducir propiedades (e.j. función de masa estelar).
- Aparece en simulaciones hidrodinámicas.

En observaciones

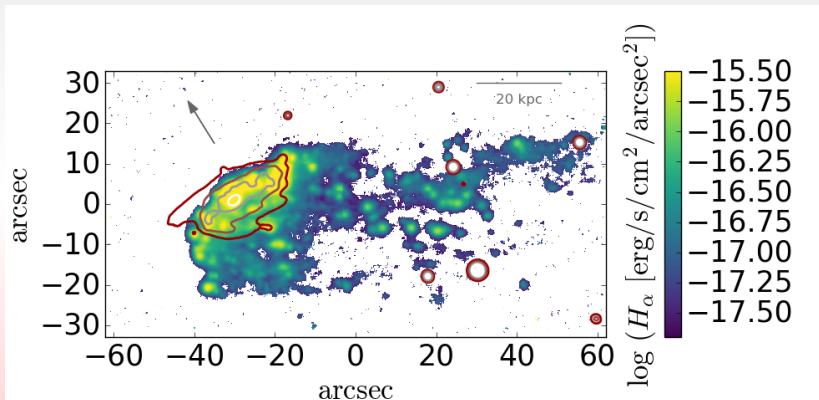
- Galaxias de forma asimétricas.
- Perfiles radiales truncados.
- Gas (HI) arrancado en cúmulos y grupos en galaxias cercanas.
- Formación estelar en la columna de gas en UV y visible.
 - A los caso evidentes de formación estelar en la “cola” se les llama galaxias *jellyfish*.
 - Se estima que un 40% de las *late-type* en cúmulos son *jellyfish*.

Galaxia JO206 ($z = 0.0513$, R.A.=21:13:47.4, decl. =+ 02:28:35.5, J2000) en color a partir de las bandas u, B y V, y en emisión de $H\alpha$.²



²Poggianti B. M. et al., 2017, ApJ, 844, 48

Galaxia JO206 ($z = 0.0513$, R.A.=21:13:47.4, decl. =+ 02:28:35.5, J2000) en color a partir de las bandas u, B y V, y en emisión de H_α .²



²Poggianti B. M. et al., 2017, ApJ, 844, 48

- 1 Introducción
 - Galaxias en caída hacia grupos
 - Ram pressure
 - Evidencias de ram pressure
- 2 Efectos de Ram Pressure en simulaciones
- 3 Análisis del enrojecimiento de quasares de fondo
 - Muestras
 - El método
 - Correcciones a la muestra
 - Resultados
 - Por otras características
- 4 Análisis del efecto sobre la galaxia
 - El método II
 - Resultados II
 - $\Delta C \leftrightarrow$ enrojecimiento del entorno
- 5 Conclusiones

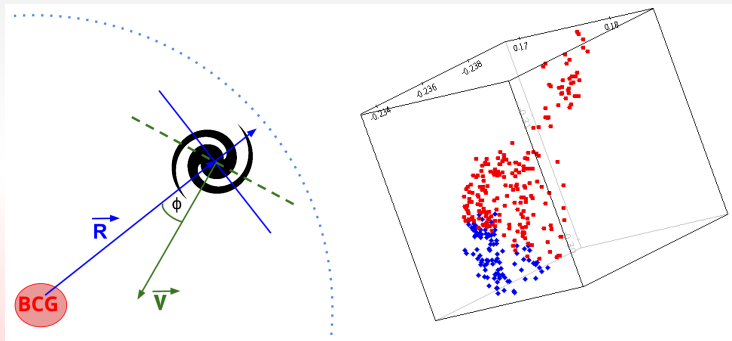
- Troncoso-Iribarren et al. 2016³(TI16) analiza el efecto de la RP en simulaciones.
- Se usan datos de la simulación hidrodinámica EAGLE.
- Se analizan galaxias en *infall* con al menos 100 partículas en grupos masivos ($> 10^{13.8} M_{\odot}$).

³Troncoso-Iribarren P. et al., 2016, *Galaxies*, 4, 77

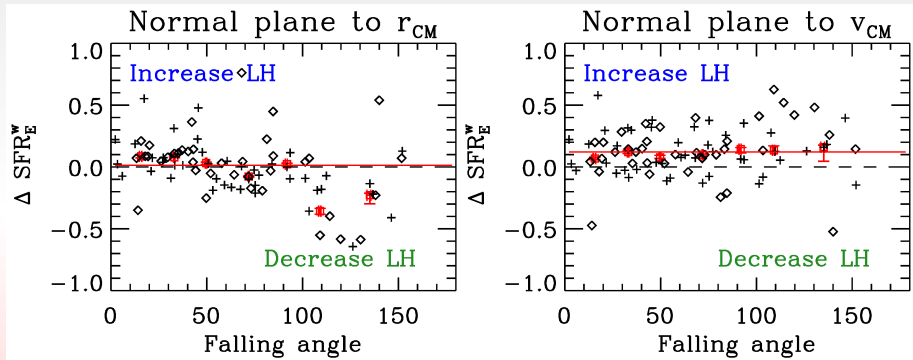
- Troncoso-Iribarren et al. 2016³(TI16) analiza el efecto de la RP en simulaciones.
- Se usan datos de la simulación hidrodinámica EAGLE.
- Se analizan galaxias en *infall* con al menos 100 partículas en grupos masivos ($> 10^{13.8} M_{\odot}$).
- La idea es analizar la tasa de formación estelar en diferentes zonas de la galaxia.
- Se estudian dos casos:
 - Observación: En función al vector al centro del grupo.
 - Simulación: En función al vector velocidad de la galaxia.
- Y se separa la galaxia en dos partes, la *leading half* (la mitad más cercana a la dirección del vector escogido) y la *trailing half*.

³Troncoso-Iribarren P. et al., 2016, *Galaxies*, 4, 77

Esquemas del método usado.



Resultados



Diamantes: Grupos relajados.

Cruces: Grupos no relajados.

- 1 Introducción
 - Galaxias en caída hacia grupos
 - Ram pressure
 - Evidencias de ram pressure
- 2 Efectos de Ram Pressure en simulaciones
- 3 Análisis del enrojecimiento de quasares de fondo**
 - Muestras
 - El método
 - Correcciones a la muestra
 - Resultados
 - Por otras características
- 4 Análisis del efecto sobre la galaxia
 - El método II
 - Resultados II
 - $\Delta C \leftrightarrow$ enrojecimiento del entorno
- 5 Conclusiones

- El objetivo es caracterizar el enrojecimiento alrededor de las galaxias en *infall* debido al polvo.
- Analizamos el enrojecimiento sistemático de QSOs lejanos alrededor de galaxias en grupos.
- Si la RPS es un mecanismo importante, esperamos una anisotropía en la distribución de color, causada por el polvo arrancado de las galaxias en *infall*.

Para las galaxias

De los grupos de Yang (Yang X. et al., 2012, ApJ, 752, 41) se seleccionan las galaxias que:

- Grupos de al menos 4 miembros.
- $b/a < 0.5$.
- $M_r < -15$.
- $R_{50} > 1.5$ arcsec.

Los grupos están un rango de redshift entre $0 < z < 0.2$.

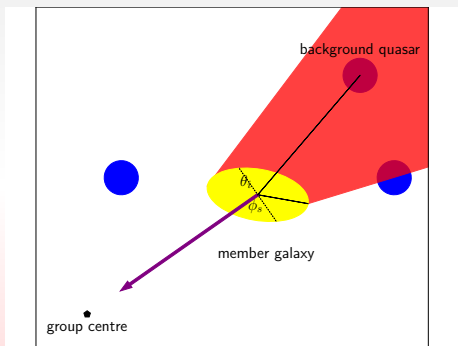
Para los quasares

Muestra QSOs de BOSS (Pâris I., et al., 2017, A&A, 597, A79) con:

- $2 > z > 3.5$.

Usamos cosmología WMAP7.

- Tomamos las galaxias al menos a una distancia de $0.5r_{180}$ del centro del grupo.
- Para cada galaxia medimos un círculo de $600 \text{ kpc}/h$.
- Se toman los QSOs que **en proyección** caen dentro de ese círculo.
- Se mide la distribución de color en función de θ_i .
- Este calculo se repite para “zonas de control” a igual distancia del centro del grupo.



¿Por qué quedarnos con $> 0.5r_{180}$?

- Para evitar efectos de *crowding*.
- Zonas donde es más probable que la galaxia este en *infall*.

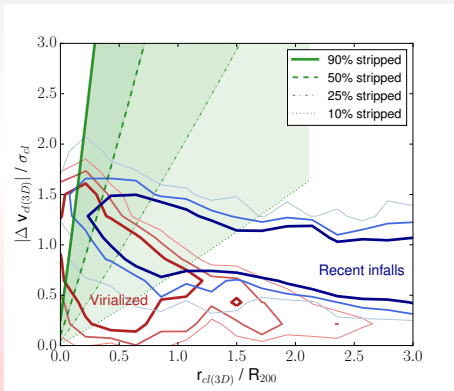
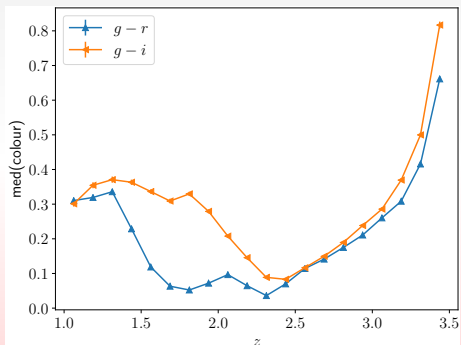
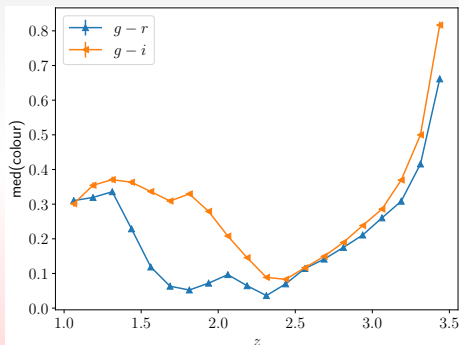


Figura de Jaffe et al., 2018, MNRAS, 476, 4753 donde:

Virializado: $t_{\text{entrada}} > 4$ Gyrs. *Infall* reciente: $t_{\text{entrada}} < 2$ Gyrs.

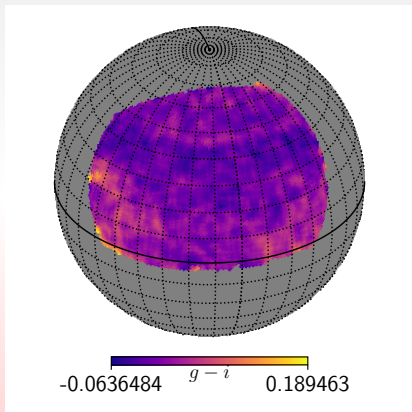
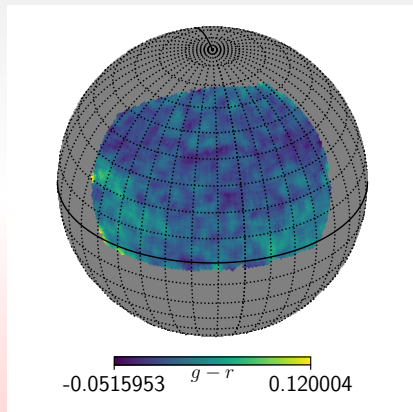


- Es necesario tener en cuenta efectos sistemáticos sobre el color de los QSOs.
- Algunos efectos dependen del z . Otros de su posición en el cielo.

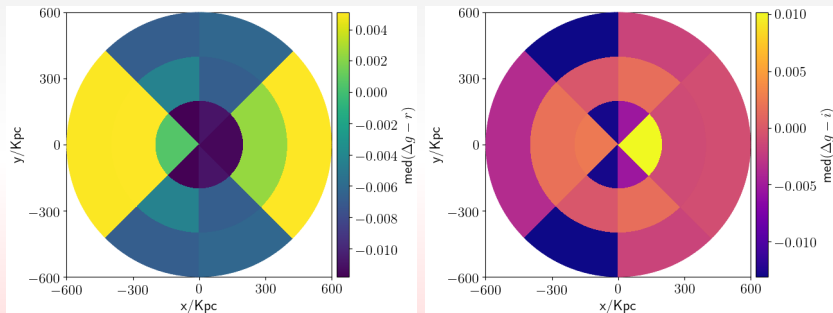


- Es necesario tener en cuenta efectos sistemáticos sobre el color de los QSOs.
- Algunos efectos dependen del z . Otros de su posición en el cielo.
- Para la distancia le restamos a cada QSOs el valor medio de color de ese z .
- Para la posición, creamos mapas con el color promedio usando HEALpix, con un suavizado de 2 grados.
- Además solo nos quedamos con las galaxias y qso's sobre $b > 40^\circ$.

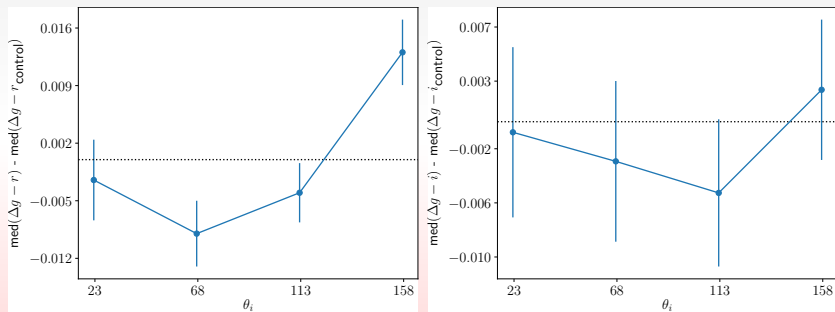
Mapas de color usados para corregir los colores de los QSOs.



Mapas de color alrededor de las galaxias.



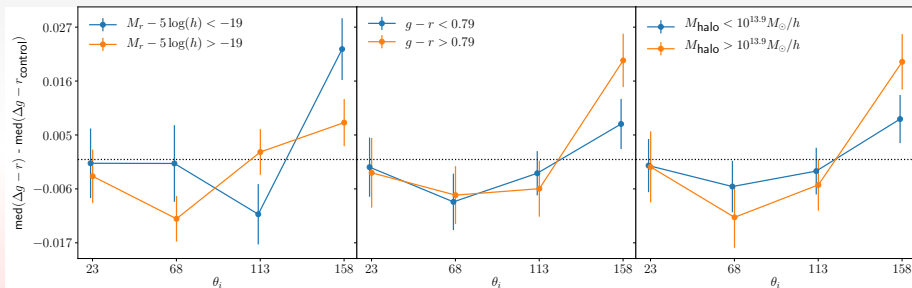
Variación de la mediana de color en función de θ_i respecto a las zonas de control.



Separamos la muestra de galaxias de acuerdo a características intrínsecas de la galaxia y del grupo:

- Ángulo entre el vector al centro y el semi-eje mayor de la galaxia $\phi_s < 45$ y $\phi_s > 45$.
- Magnitud de la galaxia $M_r < -19.5$ y $M_r > -19.5$.
- Color de la galaxia $g - r < 0.79$ y $g - r > 0.79$
- Concentración $r_{90}/r_{50} < 2.5$ y $r_{90}/r_{50} > 2.5$
- Masa del halo del grupo $\log(M_{\text{halo}}/M_{\odot}) < 13.9$ y $\log(M_{\text{halo}}/M_{\odot}) > 13.9$.

Solo color, magnitud y masa mostraron cosas interesantes.

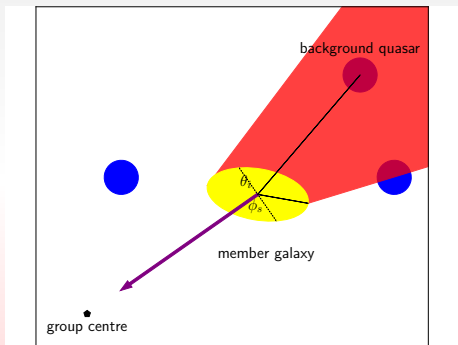


- 1 Introducción
 - Galaxias en caída hacia grupos
 - Ram pressure
 - Evidencias de ram pressure
- 2 Efectos de Ram Pressure en simulaciones
- 3 Análisis del enrojecimiento de cuasares de fondo
 - Muestras
 - El método
 - Correcciones a la muestra
 - Resultados
 - Por otras características
- 4 Análisis del efecto sobre la galaxia
 - El método II
 - Resultados II
 - $\Delta C \leftrightarrow$ enrojecimiento del entorno
- 5 Conclusiones

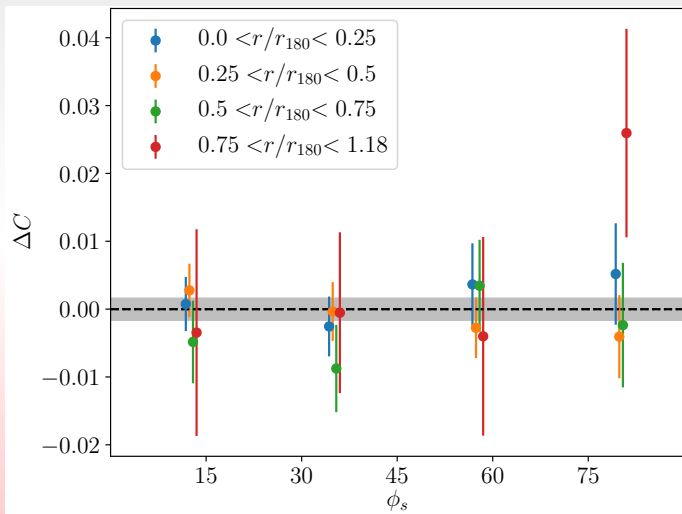
- El objetivo es analizar, de manera similar a T116, la diferencia en dos mitades de la galaxia en *infall*.
- Como no tenemos datos de SFR separados usamos los colores de cada mitad.
- Si la RP juega un papel en la determinación de la formación estelar (como adelanta T116) esperamos encontrar una asimetría que depende de la posición relativa grupo-galaxia.

- Tomamos una elipse alrededor de cada galaxia de semieje mayor $\sqrt{(a/b)}R_{90}$ y menor $\sqrt{(b/a)}R_{90}$.
- Separamos la elipse en dos mitades iguales, usando el plano paralelo a la dirección del grupo (*leading* y *trailing*).
- Para cada mitad calculamos el color promedio ($g - r$) por píxel (C_l y C_t).
- Calculamos la diferencia como:

$$\Delta C = \frac{C_l - C_t}{C_l + C_t}$$

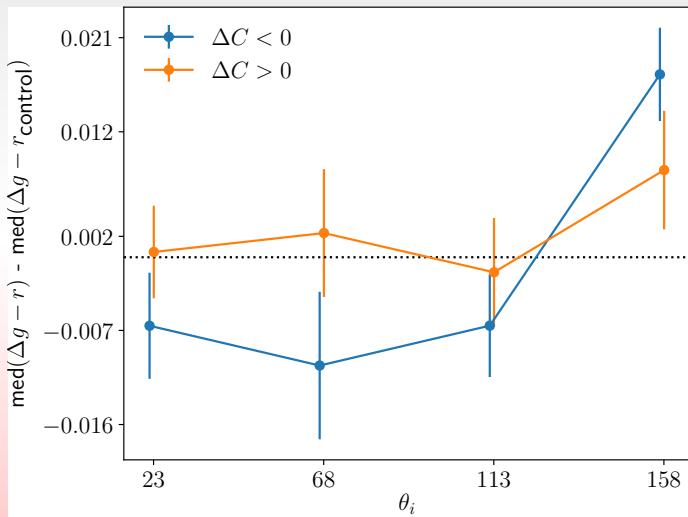


ΔC en función de la distancia al centro y de ϕ_s .



- Buscamos si hay una relación entre los dos resultados.
- Tomamos las galaxias que se encuentran a $0.5r_{180}$ y las separamos de acuerdo a ΔC (*leading* rojo y *leading* azul).
- Para estas muestras medimos el enrojecimiento de cuasares alrededor de las galaxias.

Color de fondo en función de θ_i y ΔC .



- 1 Introducción
 - Galaxias en caída hacia grupos
 - Ram pressure
 - Evidencias de ram pressure
- 2 Efectos de Ram Pressure en simulaciones
- 3 Análisis del enrojecimiento de cuasares de fondo
 - Muestras
 - El método
 - Correcciones a la muestra
 - Resultados
 - Por otras características
- 4 Análisis del efecto sobre la galaxia
 - El método II
 - Resultados II
 - $\Delta C \leftrightarrow$ enrojecimiento del entorno
- 5 Conclusiones

- Las galaxias sienten el efecto de la *ram pressure* al entrar en grupos o cúmulos debido al medio intra-grupo.
- Efectos sistemáticos sobre:
 - La forma
 - El entorno.
 - La formación estelar.
- Se han encontrado pruebas de varios de estos efectos en observaciones.
- Se ha observado también en simulaciones hidrodinámicas, y ha sido necesario modelarlo en SAMs.

- En Troncoso-Iribarren et al. (2016). se busca cuantificar el efecto que tiene la RP sobre la formación estelar de las galaxias en EAGLE.
- Para ello se mide la SFR en dos mitades de las galaxias.
- Se encuentra que:
 - Al separar en la dirección de movimiento la SFR suele ser más alta para la *leading half*, no importando la posición al centro.
 - Al separar en la dirección al centro la SFR es más alta en la *leading* cuando el vector al centro y el vector velocidad tienden a coincidir. En promedio no se ve diferencia.
- No se encuentra diferencia significativa entre grupos relajados y no relajados.

- Por nuestra parte, medimos en observaciones el enrojecimiento de qsos en proyección alrededor de la galaxia, como así también los efectos en la galaxia misma.
- Encontramos que en las zonas más alejadas del centro del grupo alrededor de una galaxia los cuasares presentaban un enrojecimiento respecto a otras zonas.
- Además, encontramos que el efecto es mayor para las galaxias más brillantes, más rojas y en los grupos más masivos.
- Se encontró que la *leading-half* tiende a ser más azul en galaxias que caen con un alto ϕ_s , y alejadas del centro.
- Existe una débil relación entre el enrojecimiento alrededor de las galaxias y ΔC .