

VVDS-Deep Survey

El papel de las fusiones menores en la evolución desde $z \sim 1$ de las galaxias con $L_B \gtrsim L_B^*$ a partir de pares espectroscópicos

C. López-Sanjuan¹
O. Le Fèvre¹, O. Cucciati¹, L. de Ravel²,
y el equipo VVDS



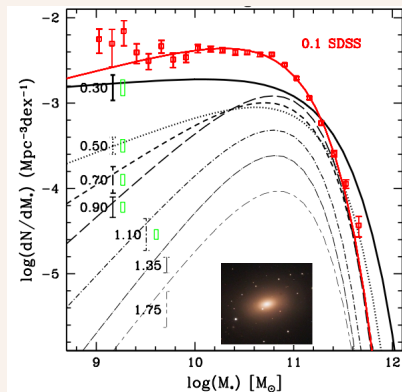
¹Laboratoire d'Astrophysique de Marseille

²Institute for Astronomy, University of Edinburgh

14 de septiembre de 2010 / IX Reunión científica de la SEA
Madrid

- 1 Introducción
- 2 Datos y metodología
- 3 Resultados
 - La fracción de fusiones menores
 - La tasa de fusiones menores
 - Evolución de las galaxias brillantes
- 4 Conclusiones

Crecimiento de la secuencia roja desde $z \sim 1$



Ilbert et al. 2010

Las galaxias más masivas son las primeras en poblar la secuencia roja (galaxias de tipo temprano sin formación estelar activa): fenómeno del "downsizing".

Cowie et al. 1996, Bundy et al. 2006, Pérez-González et al. 2008,...

Crecimiento de la secuencia roja desde $z \sim 1$



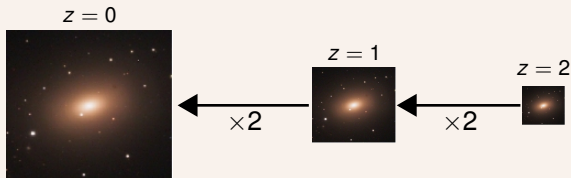
González-García & Balcells 2005; Naab et al. 2006;
Rothberg et al. 2006a,b, 2010; Hopkins et al. 2009

$$M_{\star} \sim 10^{10} M_{\odot} - 10^{11} M_{\odot}$$

Las fusiones mayores explican un 20% de la evolución numérica desde $z = 1$ de las galaxias de masa intermedia (de Ravel et al. 2009, Bundy et al. 2009, Wild et al. 2009, López-Sanjuan et al. 2010, Oesch et al. 2010).

El otro 80% ha de ser debido a **fusiones menores (1:4 – 1:10)**, procesos seculares (barras, inestabilidades en el disco, agotamiento del gas,...) o efectos del entorno.

Evolución de las galaxias masivas desde $z \sim 1$



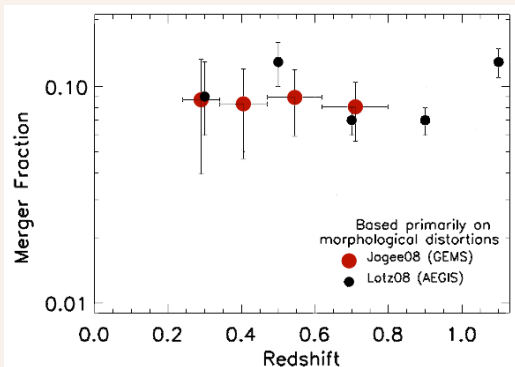
Trujillo et al. 2006, 2007, Buitrago et al. 2008, van der Well et al. 2008,
van Dokkum et al. 2010, Williams et al. 2010

$$M_{\star} \gtrsim 10^{11} M_{\odot}$$

Las fusiones mayores explican un 100% de la evolución numérica desde $z = 1$ de las galaxias masivas (Eliche-Moral et al. 2010a,b, Oesch et al. 2010, Robaina et al. 2010).

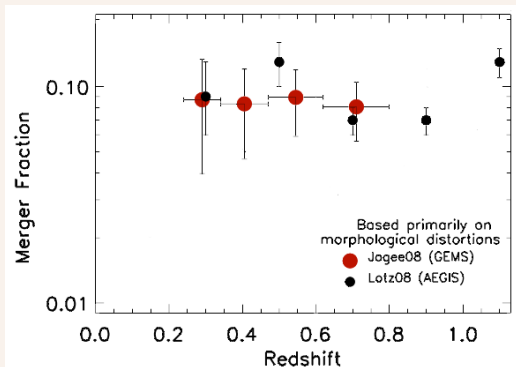
Las **fusiones menores** son candidatas para explicar el aumento en el tamaño de las galaxias masivas (e.g., Bezanson et al. 2009, Naab et al. 2009) y los episodios de formación estelar reciente ($\lesssim 5\%$ de la masa estelar; Kaviraj et al. 2007,2009).

Estudios previos



- La fracción de fusiones mayores + menores (f_m) obtenida mediante criterios morfológicos es constante (Lotz et al. 2008, Jogee et al. 2009).
- La fracción de fusiones menores (f_{mm}) es similar a la fracción de fusiones mayores (f_{MM}) en galaxias $M_* \sim 10^{10.4} M_\odot$ a partir de pares espectro-fotométricos (López-Sanjuan et al. 2010b).

Estudios previos



- La fracción de fusiones mayores + menores (f_m) obtenida mediante criterios morfológicos es constante (Lotz et al. 2008, Joglee et al. 2009).
- La fracción de fusiones menores (f_{mm}) es similar a la fracción de fusiones mayores (f_{MM}) en galaxias $M_* \sim 10^{10.4} M_\odot$ a partir de pares espectro-fotométricos (López-Sanjuan et al. 2010b).

Definición de pares cercanos

Obtener la primera medida cuantitativa de la fracción de fusiones menores a partir de pares cercanos confirmados espectroscópicamente

$$\Delta M_B = M_{B,2} - M_{B,1} \leq -2.5 \log \mu$$

$$\mu \equiv \frac{L_{B,2}}{L_{B,1}}$$

• Pares cercanos: $\mu > 1/10$

$$\Delta M_B \leq 1.5$$

• Pares cercanos: $1/10 < \mu < 1/5$

$$1.5 < \Delta M_B \leq 2.5$$

$$5h^{-1} \text{ kpc} \leq r_p \leq 100h^{-1} \text{ kpc}$$

$$\Delta v \leq 500 \text{ km s}^{-1}$$

Definición de pares cercanos

Obtener la primera medida cuantitativa de la fracción de fusiones menores a partir de pares cercanos confirmados espectroscópicamente



$$5h^{-1} \text{ kpc} \leq r_p \leq 100h^{-1} \text{ kpc}$$

$$\Delta v \leq 500 \text{ km s}^{-1}$$

$$\Delta M_B = M_{B,2} - M_{B,1} \leq -2.5 \log \mu$$

$$\mu \equiv \frac{L_{B,2}}{L_{B,1}}$$

- Fusiones mayores: $\mu \geq 1/4$
 $\Delta M_B \leq 1.5$
- Fusiones menores: $1/10 \leq \mu < 1/4$
 $1.5 < \Delta M_B \leq 2.5$

Definición de pares cercanos

Obtener la primera medida cuantitativa de la fracción de fusiones menores a partir de pares cercanos confirmados espectroscópicamente



$$5h^{-1} \text{ kpc} \leq r_p \leq 100h^{-1} \text{ kpc}$$

$$\Delta v \leq 500 \text{ km s}^{-1}$$

$$\Delta M_B = M_{B,2} - M_{B,1} \leq -2.5 \log \mu$$

$$\mu \equiv \frac{L_{B,2}}{L_{B,1}}$$

- Fusiones mayores: $\mu \geq 1/4$
 $\Delta M_B \leq 1.5$
- **Fusiones menores:** $1/10 \leq \mu < 1/4$
 $1.5 < \Delta M_B \leq 2.5$

Definición de pares cercanos

Obtener la primera medida cuantitativa de la fracción de fusiones menores a partir de pares cercanos confirmados espectroscópicamente



$$5h^{-1} \text{ kpc} \leq r_p \leq 100h^{-1} \text{ kpc}$$

$$\Delta v \leq 500 \text{ km s}^{-1}$$

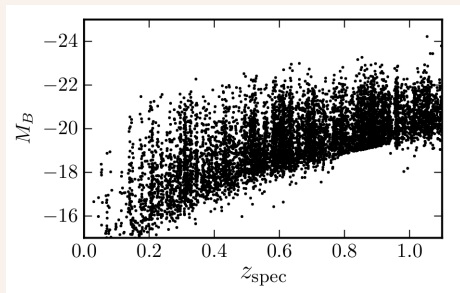
$$\Delta M_B = M_{B,2} - M_{B,1} \leq -2.5 \log \mu$$

$$\mu \equiv \frac{L_{B,2}}{L_{B,1}}$$

- Fusiones mayores: $\mu \geq 1/4$
 $\Delta M_B \leq 1.5$
- **Fusiones menores:** $1/10 \leq \mu < 1/4$
 $1.5 < \Delta M_B \leq 2.5$

El muestreo VVDS-Deep

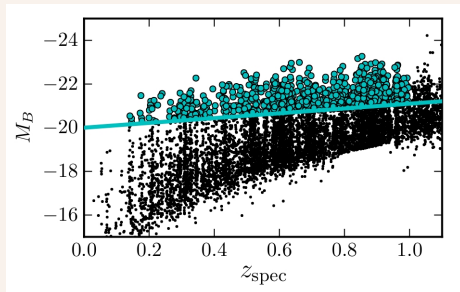
Selección	Área	Compleitud	Número de fuentes
$17 < I_{AB} \leq 24$	0.5 deg^2	25%	8359 ($z < 1.2$)
Le Fèvre et al. 2005			



- 1011 galaxias principales (N_1) con $M_{B,1} \leq -20 - 1.1z \sim M_B^*$.
- 5940 posibles compañeros con $M_{B,2} \leq -17.5 - 1.1z$.
- $z_{r,1} = [0.2, 0.65)$, $z_1 = 0.5$
 $z_{r,2} = [0.65, 0.95)$, $z_2 = 0.8$
- $N_p(\geq \mu)$ número de galaxias con un compañero cercano.
- $f_m(\geq \mu) = \frac{N_p \times w_k}{N_1 \times w_i}$ Fracción de fusiones.

El muestreo VVDS-Deep

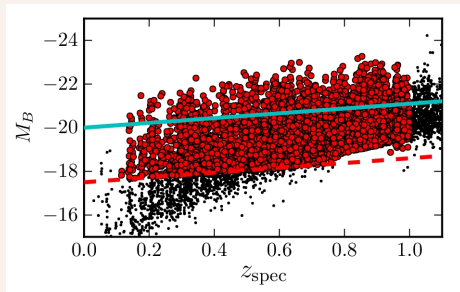
Selección	Área	Compleitud	Número de fuentes
$17 < I_{AB} \leq 24$	0.5 deg^2	25%	8359 ($z < 1.2$)
Le Fèvre et al. 2005			



- 1011 galaxias principales (N_1) con $M_{B,1} \leq -20 - 1.1z \sim M_B^*$.
- 5940 posibles compañeros con $M_{B,2} \leq -17.5 - 1.1z$.
- $z_{r,1} = [0.2, 0.65)$, $z_1 = 0.5$
 $z_{r,2} = [0.65, 0.95)$, $z_2 = 0.8$
- $N_p(\geq \mu)$ número de galaxias con un compañero cercano.
- $f_m(\geq \mu) = \frac{N_p \times w_k}{N_1 \times w_i}$ Fracción de fusiones.

El muestreo VVDS-Deep

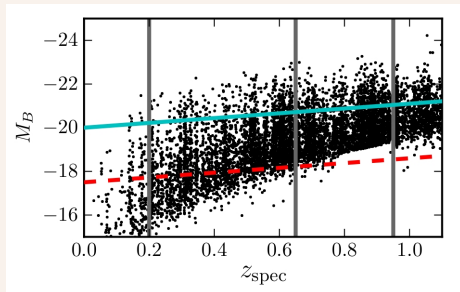
Selección	Área	Completitud	Número de fuentes
$17 < I_{AB} \leq 24$	0.5 deg^2	25%	8359 ($z < 1.2$)
Le Fèvre et al. 2005			



- 1011 galaxias principales (N_1) con $M_{B,1} \leq -20 - 1.1z \sim M_B^*$.
- 5940 posibles compañeros con $M_{B,2} \leq -17.5 - 1.1z$.
- $z_{r,1} = [0.2, 0.65)$, $z_1 = 0.5$
 $z_{r,2} = [0.65, 0.95)$, $z_2 = 0.8$
- $N_p(\geq \mu)$ número de galaxias con un compañero cercano.
- $f_m(\geq \mu) = \frac{N_p \times w_k}{N_1 \times w_i}$ Fracción de fusiones.

El muestreo VVDS-Deep

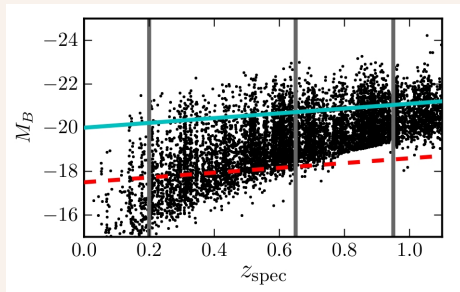
Selección	Área	Completitud	Número de fuentes
$17 < I_{AB} \leq 24$	0.5 deg^2	25%	8359 ($z < 1.2$)
Le Fèvre et al. 2005			



- 1011 galaxias principales (N_1) con $M_{B,1} \leq -20 - 1.1z \sim M_B^*$.
- 5940 posibles compañeros con $M_{B,2} \leq -17.5 - 1.1z$.
- $z_{r,1} = [0.2, 0.65)$, $z_1 = 0.5$
 $z_{r,2} = [0.65, 0.95)$, $z_2 = 0.8$
- $N_p(\geq \mu)$ número de galaxias con un compañero cercano.
- $f_m(\geq \mu) = \frac{N_p \times w_k}{N_1 \times w_i}$ Fracción de fusiones.

El muestreo VVDS-Deep

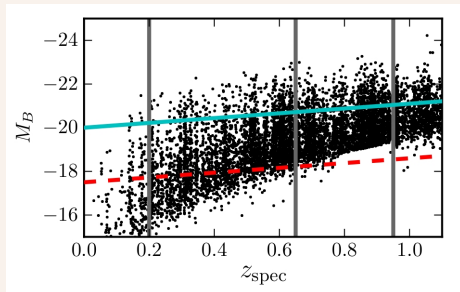
Selección	Área	Completitud	Número de fuentes
$17 < I_{AB} \leq 24$	0.5 deg^2	25%	8359 ($z < 1.2$)
Le Fèvre et al. 2005			



- 1011 galaxias principales (N_1) con $M_{B,1} \leq -20 - 1.1z \sim M_B^*$.
- 5940 posibles compañeros con $M_{B,2} \leq -17.5 - 1.1z$.
- $z_{r,1} = [0.2, 0.65)$, $z_1 = 0.5$
 $z_{r,2} = [0.65, 0.95)$, $z_2 = 0.8$
- $N_p(\geq \mu)$ número de galaxias con un compañero cercano.
- $f_m(\geq \mu) = \frac{N_p \times w_k}{N_1 \times w_i}$ Fracción de fusiones.

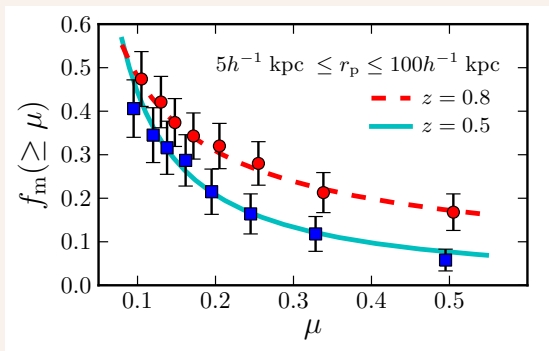
El muestreo VVDS-Deep

Selección	Área	Compleitud	Número de fuentes
$17 < I_{AB} \leq 24$	0.5 deg^2	25%	8359 ($z < 1.2$)
Le Fèvre et al. 2005			



- 1011 galaxias principales (N_1) con $M_{B,1} \leq -20 - 1.1z \sim M_B^*$.
- 5940 posibles compañeros con $M_{B,2} \leq -17.5 - 1.1z$.
- $z_{r,1} = [0.2, 0.65)$, $z_1 = 0.5$
 $z_{r,2} = [0.65, 0.95)$, $z_2 = 0.8$
- $N_p(\geq \mu)$ número de galaxias con un compañero cercano.
- $f_m(\geq \mu) = \frac{N_p \times w_k}{N_1 \times w_i}$ Fracción de fusiones.

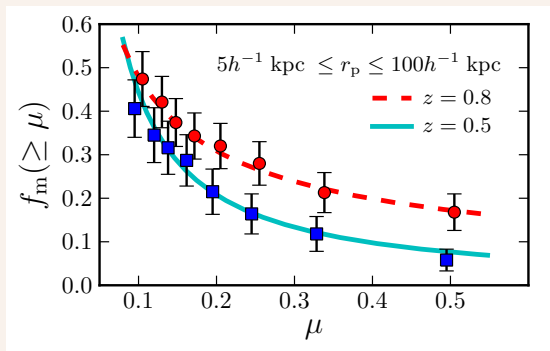
La fracción de fusiones en función de μ



La fracción de fusiones aumenta con el desplazamiento al rojo.

La fracción de fusiones sigue una ley de potencias, $f_m(\geq \mu) \propto \mu^s$.
 $s = -0.64 \pm 0.13$ a $z = 0.8 \longrightarrow s = -1.09 \pm 0.19$ a $z = 0.5$

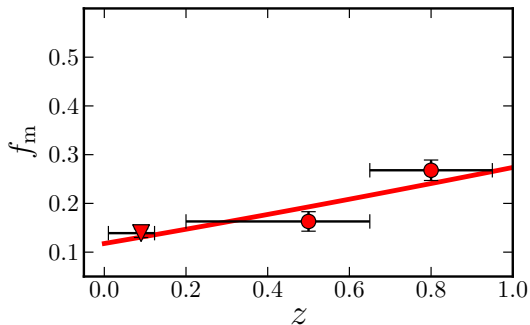
La fracción de fusiones en función de μ



La fracción de fusiones aumenta con el desplazamiento al rojo.

La fracción de fusiones sigue una ley de potencias, $f_{\text{m}}(\geq \mu) \propto \mu^s$.
 $s = -0.64 \pm 0.13$ a $z = 0.8 \longrightarrow s = -1.09 \pm 0.19$ a $z = 0.5$

La fracción de fusiones menores desde $z \sim 1$



● Fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$)

▼ MGC ($z = 0.09$)

■ Fracción de fusiones menores ($1/10 \leq \mu < 1/4$)

▲ Fracción de fusiones mayores + menores

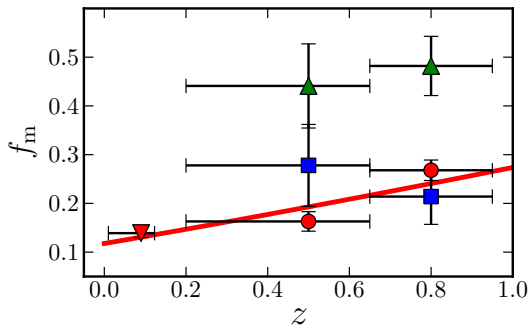
La fracción de fusiones mayores aumenta con z , $f_{MM} \propto (1+z)^{1.2 \pm 0.5}$

Le Fèvre et al. 2000, Conselice et al. 2003,2008,2009, Rawat et al. 2008, de Ravel et al. 2009, López-Sanjuan et al. 2009a,b, Bridge et al. 2010,...

La fracción de fusiones menores **decrece** con z

$$f_{mm} \propto (1+z)^{-0.6 \pm 0.8}$$

La fracción de fusiones menores desde $z \sim 1$



● Fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$)

▼ MGC ($z = 0.09$)

■ Fracción de fusiones menores

($1/10 \leq \mu < 1/4$)

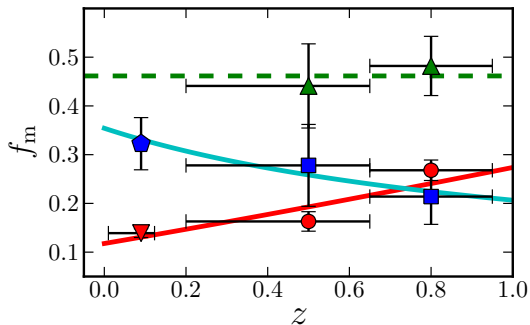
▲ Fracción de fusiones mayores + menores

La fracción de fusiones mayores aumenta con z , $f_{\text{MM}} \propto (1+z)^{1.2 \pm 0.5}$
 Le Fèvre et al. 2000, Conselice et al. 2003,2008,2009, Rawat et al. 2008, de Ravel et al. 2009, López-Sanjuan et al. 2009a,b, Bridge et al. 2010,...

La fracción de fusiones menores **decrece** con z

$$f_{\text{mm}} \propto (1+z)^{-0.6 \pm 0.8}$$

La fracción de fusiones menores desde $z \sim 1$



● Fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$)

▼ MGC ($z = 0.09$)

■ Fracción de fusiones menores

($1/10 \leq \mu < 1/4$)

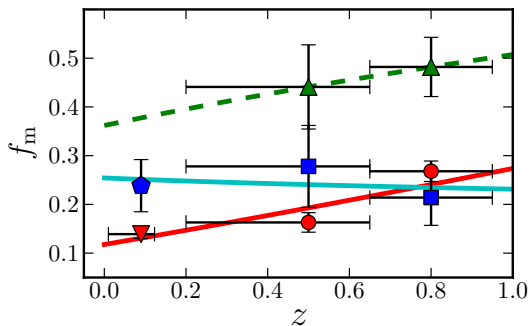
▲ Fracción de fusiones mayores + menores

La fracción de fusiones mayores aumenta con z , $f_{MM} \propto (1+z)^{1.2 \pm 0.5}$
 Le Fèvre et al. 2000, Conselice et al. 2003,2008,2009, Rawat et al. 2008, de Ravel et al. 2009, López-Sanjuan et al. 2009a,b, Bridge et al. 2010,...

La fracción de fusiones menores **decrece** con z

$$f_{mm} \propto (1+z)^{-0.6 \pm 0.8}$$

La fracción de fusiones menores desde $z \sim 1$



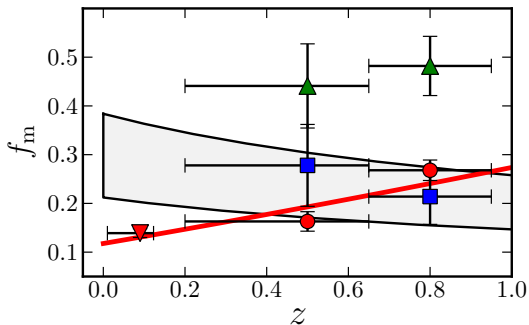
- Fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$)
- ▼ MGC ($z = 0.09$)
- Fracción de fusiones menores ($1/10 \leq \mu < 1/4$)
- ▲ Fracción de fusiones mayores + menores

La fracción de fusiones mayores aumenta con z , $f_{MM} \propto (1+z)^{1.2 \pm 0.5}$
 Le Fèvre et al. 2000, Conselice et al. 2003,2008,2009, Rawat et al. 2008, de Ravel et al. 2009, López-Sanjuan et al. 2009a,b, Bridge et al. 2010,...

La fracción de fusiones menores **decrece** con z

$$f_{mm} \propto (1+z)^{-0.6 \pm 0.8}$$

La fracción de fusiones menores desde $z \sim 1$



● Fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$)

▼ MGC ($z = 0.09$)

■ Fracción de fusiones menores

($1/10 \leq \mu < 1/4$)

▲ Fracción de fusiones mayores + menores

La fracción de fusiones mayores aumenta con z , $f_{\text{MM}} \propto (1+z)^{1.2 \pm 0.5}$
 Le Fèvre et al. 2000, Conselice et al. 2003,2008,2009, Rawat et al. 2008, de Ravel et al. 2009, López-Sanjuan et al. 2009a,b, Bridge et al. 2010,...

La fracción de fusiones menores **decrece** con z

$$f_{\text{mm}} \propto (1+z)^{-0.6 \pm 0.8}$$

La fracción de fusiones en función del color NUV-r

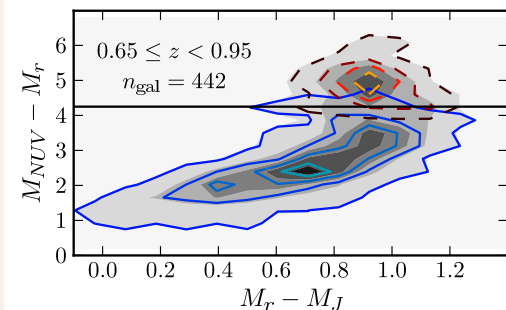
Galaxias pasivas y con formación estelar

Galaxias rojas

$$\text{NUV} - r \geq 4.25$$

Galaxias azules

$$\text{NUV} - r < 4.25$$



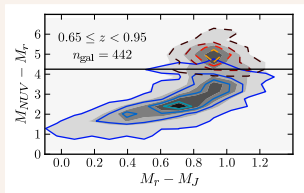
Galaxias rojas: la fracción de fusiones no evoluciona de forma apreciable, $f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} \sim \text{constante}$.

Galaxias azules: $f_{\text{MM}}^{\text{azul}}$ aumenta un factor 3, pero $f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \sim \text{constante}$.

$f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} > f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \rightarrow$ El descenso de la fracción de galaxias rojas con z produce la evolución en f_{mm} .

La fracción de fusiones en función del color NUV-r

Galaxias pasivas y con formación estelar



Galaxias rojas

$$NUV - r \geq 4.25$$

Galaxias azules

$$NUV - r < 4.25$$

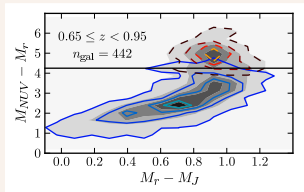
Galaxias rojas: la fracción de fusiones no evoluciona de forma apreciable, $f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} \sim \text{constante}$.

Galaxias azules: $f_{\text{MM}}^{\text{azul}}$ aumenta un factor 3, pero $f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \sim \text{constante}$.

$f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} > f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \rightarrow$ El descenso de la fracción de galaxias rojas con z produce la evolución en f_{mm} .

La fracción de fusiones en función del color NUV-r

Galaxias pasivas y con formación estelar

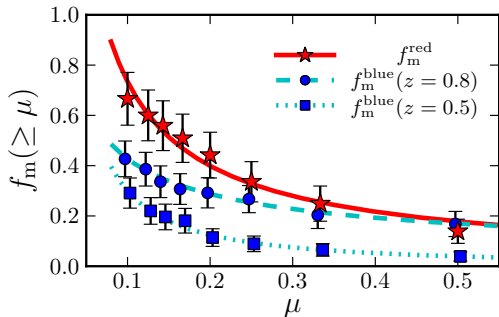


Galaxias rojas

$$NUV - r \geq 4.25$$

Galaxias azules

$$NUV - r < 4.25$$



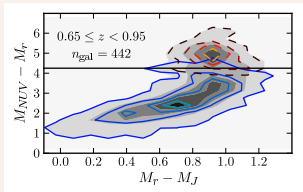
Galaxias rojas: la fracción de fusiones no evoluciona de forma apreciable, $f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} \sim \text{constante}$.

Galaxias azules: $f_{\text{mm}}^{\text{azul}}$ aumenta un factor 3, pero $f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \sim \text{constante}$.

$f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} > f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \rightarrow$ El descenso de la fracción de galaxias rojas con z produce la evolución en f_{mm} .

La fracción de fusiones en función del color NUV-r

Galaxias pasivas y con formación estelar

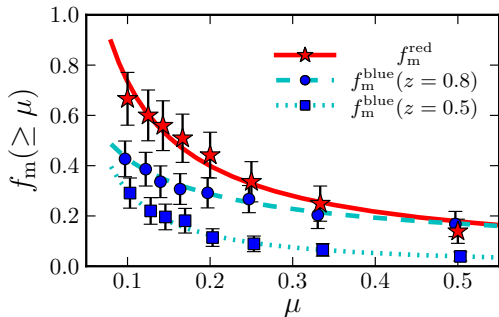


Galaxias rojas

$$NUV - r \geq 4.25$$

Galaxias azules

$$NUV - r < 4.25$$



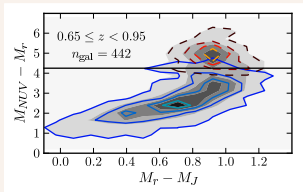
Galaxias rojas: la fracción de fusiones no evoluciona de forma apreciable, $f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} \sim \text{constante}$.

Galaxias azules: $f_{\text{mm}}^{\text{azul}}$ aumenta un factor 3, pero $f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \sim \text{constante}$.

$f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} > f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \rightarrow$ El descenso de la fracción de galaxias rojas con z produce la evolución en f_{mm} .

La fracción de fusiones en función del color NUV-r

Galaxias pasivas y con formación estelar

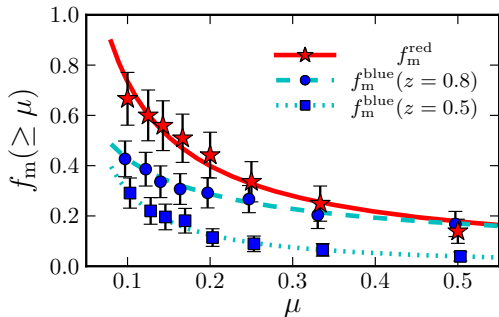


Galaxias rojas

$$NUV - r \geq 4.25$$

Galaxias azules

$$NUV - r < 4.25$$



Galaxias rojas: la fracción de fusiones no evoluciona de forma apreciable, $f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} \sim \text{constante}$.

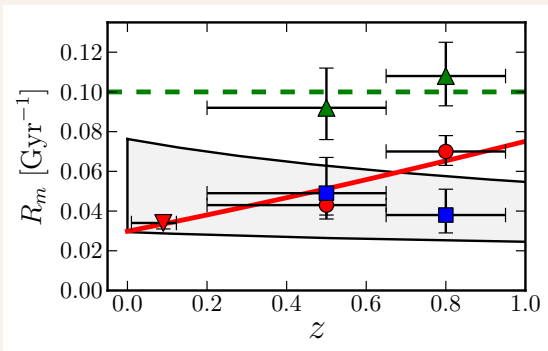
Galaxias azules: $f_{\text{MM}}^{\text{azul}}$ aumenta un factor 3, pero $f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \sim \text{constante}$.

$f_{\text{mm}}^{\text{rojo}} > f_{\text{mm}}^{\text{azul}} \rightarrow$ El descenso de la fracción de galaxias rojas con z produce la evolución en f_{mm} .

La tasa de fusiones menores

$$R_m = f_m T_m^{-1}$$

- T_{MM} a partir de simulaciones cosmológicas (Kitzbichler&White 2008).
- $T_{mm} = 1.5 T_{MM}$ (Lotz et al. 2010a,b).



Fusiones menores y la evolución de las galaxias brillantes

- Las galaxias con $L_B \gtrsim L_B^*$ han sufrido ~ 0.8 fusiones (0.4 mayores y 0.4 menores) desde $z = 1$.
- Tomando L_B como trazador de la masa, las fusiones (mayores + menores) aumentan la masa de las galaxias brillantes un $23 \pm 6\%$ desde $z = 1$.
- Las contribución relativa de las fusiones mayores y menores es 75%/25%, en buen acuerdo con las predicciones de los modelos cosmológicos (Hopkins et al. 2010).

Fusiones menores y la evolución de las galaxias brillantes

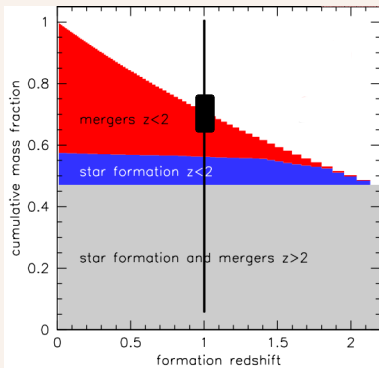
- Las galaxias con $L_B \gtrsim L_B^*$ han sufrido ~ 0.8 fusiones (0.4 mayores y 0.4 menores) desde $z = 1$.
- Tomando L_B como trazador de la masa, las fusiones (mayores + menores) aumentan la masa de las galaxias brillantes un $23 \pm 6\%$ desde $z = 1$.
- La contribución relativa de las fusiones mayores y menores es 75%/25%, en buen acuerdo con las predicciones de los modelos cosmológicos (Hopkins et al. 2010).

El papel de las fusiones menores en la evolución de las galaxias rojas

- Las galaxias rojas masivas ($M_{\star} \sim 10^{10.8} M_{\odot}$) han sufrido ~ 1.3 fusiones (0.7 mayores and 0.6 menores) desde $z = 1$.
- Esto implica un crecimiento en masa del $42 \pm 8\%$...
... y en tamaño ($r_e \propto M_{\star}^2$) de un factor ~ 2 desde $z = 1$.

El papel de las fusiones menores en la evolución de las galaxias rojas

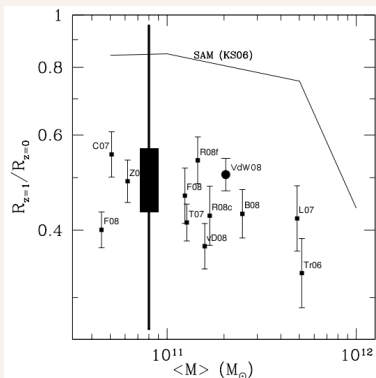
- Las galaxias rojas masivas ($M_{\star} \sim 10^{10.8} M_{\odot}$) han sufrido ~ 1.3 fusiones (0.7 mayores and 0.6 menores) desde $z = 1$.
- Esto implica un crecimiento en masa del $42 \pm 8\%$...
... y en tamaño ($r_e \propto M_{\star}^2$) de un factor ~ 2 desde $z = 1$.



van Dokkum et al. 2010

El papel de las fusiones menores en la evolución de las galaxias rojas

- Las galaxias rojas masivas ($M_{\star} \sim 10^{10.8} M_{\odot}$) han sufrido ~ 1.3 fusiones (0.7 mayores and 0.6 menores) desde $z = 1$.
- Esto implica un crecimiento en masa del $42 \pm 8\%$...
... y en tamaño ($r_e \propto M_{\star}^2$) de un factor ~ 2 desde $z = 1$.



van der Well et al. 2008

Conclusiones

La fracción de fusiones menores ($1/10 \leq \mu < 1/4$) de las galaxias con $L_B \gtrsim L_B^*$ **desciende con el desplazamiento al rojo**, mientras que la fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$) aumenta.

Las fusiones (mayores + menores) han incrementado la masa de las galaxias brillantes $\sim 25\%$ desde $z \sim 1$. **Un 25% de esta evolución se debe a fusiones menores.**

Las fusiones podrían explicar la evolución de las galaxias rojas y masivas, tanto en masa ($\sim 40\%$) como en tamaño (factor 2), desde $z \sim 1$.

Conclusiones

La fracción de fusiones menores ($1/10 \leq \mu < 1/4$) de las galaxias con $L_B \gtrsim L_B^*$ **desciende con el desplazamiento al rojo**, mientras que la fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$) aumenta.

Las fusiones (mayores + menores) han incrementado la masa de las galaxias brillantes $\sim 25\%$ desde $z \sim 1$. **Un 25% de esta evolución se debe a fusiones menores.**

Las fusiones podrían explicar la evolución de las galaxias rojas y masivas, tanto en masa ($\sim 40\%$) como en tamaño (factor 2), desde $z \sim 1$.

Conclusiones

La fracción de fusiones menores ($1/10 \leq \mu < 1/4$) de las galaxias con $L_B \gtrsim L_B^*$ **desciende con el desplazamiento al rojo**, mientras que la fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$) aumenta.

Las fusiones (mayores + menores) han incrementado la masa de las galaxias brillantes $\sim 25\%$ desde $z \sim 1$. **Un 25% de esta evolución se debe a fusiones menores.**

Las fusiones podrían explicar la evolución de las galaxias rojas y masivas, tanto en masa ($\sim 40\%$) como en tamaño (factor 2), desde $z \sim 1$.

Conclusiones

La fracción de fusiones menores ($1/10 \leq \mu < 1/4$) de las galaxias con $L_B \gtrsim L_B^*$ **desciende con el desplazamiento al rojo**, mientras que la fracción de fusiones mayores ($\mu \geq 1/4$) aumenta.

Las fusiones (mayores + menores) han incrementado la masa de las galaxias brillantes $\sim 25\%$ desde $z \sim 1$. **Un 25% de esta evolución se debe a fusiones menores.**

Las fusiones podrían explicar la evolución de las galaxias rojas y masivas, tanto en masa ($\sim 40\%$) como en tamaño (factor 2), desde $z \sim 1$.

¡Muchas gracias por vuestra atención!