

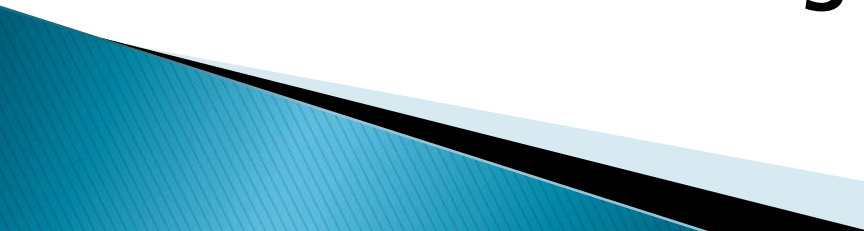
# THE FABER–JACKSON RELATION FOR EARLY–TYPE GALAXIES

DEPENDENCE ON THE MAGNITUDE  
RANGE

*Alberto Nigoche Netro*  
*Instituto de Astrofísica de Canarias*

# The scale relations of early-type galaxies (ETGs)

The structural relations among the structural parameters of the ETGs are useful because:

- They are a powerful tool in measuring galactic distances.
  - They give us information about formation and evolution of galaxies.
- 

# Important structural relations of early-type galaxies

## ▶ The Faber–Jackson relation (FJR).

$$\log \sigma_0 = A - BM$$

$\sigma_0$  central velocity dispersion

$M$  total absolute magnitude

$A, B$  scale factors

## ▶ The Kormendy relation (KR).

$$\langle \mu \rangle_e = \alpha + \beta \log(r_{e,kpc})$$

$r_{e,kpc}$  effective radius

$\langle \mu \rangle_e$  mean effective surface brightness inside  $r_{e,kpc}$

$\alpha, \beta$  scale factors

# The Fundamental Plane (FP)

$$\log(r_{e,kpc}) = a \log(\sigma_0) + b \langle \mu \rangle_e + c$$

$r_{e,kpc}$  effective radius  
 $\sigma_0$  central velocity dispersion  
 $\langle \mu \rangle_e$  mean effective surface brightness inside  $r_{e,kpc}$   
 $a, b, c$  scale factors

The FP relation is a consequence:

- Virial theorem.
- The regular behaviour of the mass–luminosity ratio and the structure along the whole range of luminosities for the ETGs (homology)

There are discrepancies between these values and those obtained from observations. These discrepancies might be due to the fact that the FP, as well as the other structural relations, are not universal.

# Universality of the structural relations

## ▶ Independence of:

- 1) wavelength,
- 2) environment,
- 3) redshift,
- 4) Luminosity.

# Samples of ETGs

We extract samples of ETGs from the Seventh Data Release of the SDSS (York et al. 2000; Abazajian et al. 2009) with  $S/N > 10$  and  $\sigma_0 > 60 \text{ km/s}$ . These limits are used in order to avoid biases caused by the resolution and the low S/N of the SDSS spectra.

- Heterogeneous or total sample ( $z \leq 0.35$ ,  $-17.5 \geq M_g > -24.5$ )  $\sim 90$  000 galaxies in g and r filters.
- Homogeneous sample ( $0.04 < z \leq 0.08$  y  $-18.5 \geq M_g > -23.5$ )  $\sim 17$  000 galaxies in g and r filters (completeness  $M_g < -20$ ).

These samples were corrected for different sources of bias (Bad sky subtraction correction of the *SDSS reduction*, seeing, extinction, k, dimming, evolution, effective radius correction to the rest reference frame and aperture correction to the velocity dispersion)

# The Faber–Jackson relation of the SDSS samples (increasing magnitude intervals)

| $MI$                               | $N$   | $B$               | $A$                 | $\sigma_{FJR}$ |
|------------------------------------|-------|-------------------|---------------------|----------------|
| Total SDSS sample (g filter)       |       |                   |                     |                |
| $-17.5 \geq M > -18.5$             | 111   | $0.695 \pm 0.049$ | $-10.724 \pm 0.898$ | 0.235          |
| $-17.5 \geq M > -19.5$             | 1359  | $0.509 \pm 0.027$ | $-7.669 \pm 0.511$  | 0.348          |
| $-17.5 \geq M > -20.5$             | 11421 | $0.345 \pm 0.017$ | $-4.762 \pm 0.338$  | 0.397          |
| $-17.5 \geq M > -21.5$             | 40876 | $0.227 \pm 0.012$ | $-2.489 \pm 0.251$  | 0.486          |
| $-17.5 \geq M > -22.5$             | 78237 | $0.166 \pm 0.009$ | $-1.255 \pm 0.203$  | 0.571          |
| $-17.5 \geq M > -23.5$             | 88983 | $0.148 \pm 0.009$ | $-0.891 \pm 0.197$  | 0.613          |
| $-17.5 \geq M > -24.5$             | 89308 | $0.147 \pm 0.009$ | $-0.867 \pm 0.198$  | 0.617          |
| Homogeneous SDSS sample (g filter) |       |                   |                     |                |
| $-18.5 \geq M > -19.5$             | 739   | $0.783 \pm 0.019$ | $-12.986 \pm 0.384$ | 0.253          |
| $-18.5 \geq M > -20.5$             | 7515  | $0.427 \pm 0.015$ | $-6.404 \pm 0.304$  | 0.343          |
| $-18.5 \geq M > -21.5$             | 15078 | $0.235 \pm 0.016$ | $-2.609 \pm 0.336$  | 0.479          |
| $-18.5 \geq M > -22.5$             | 16887 | $0.197 \pm 0.017$ | $-1.859 \pm 0.347$  | 0.529          |
| $-18.5 \geq M > -23.5$             | 16901 | $0.196 \pm 0.017$ | $-1.849 \pm 0.349$  | 0.531          |

we can see that the coefficients of the FJR change each time we include brighter galaxies in the sample

we can also see that the intrinsic dispersion value of the FJR changes appreciably each time we include brighter galaxies in the sample

$$\log \sigma_0 = A - BM$$

**$B$**  Slope of the FJR

$\sigma_{FJR}$  *Intrinsic dispersion*

**$N$**  *Number of galaxies in the interval magnitude*

# Evolution of the slope of the FJR as function of the magnitude range (increasing magnitude intervals)

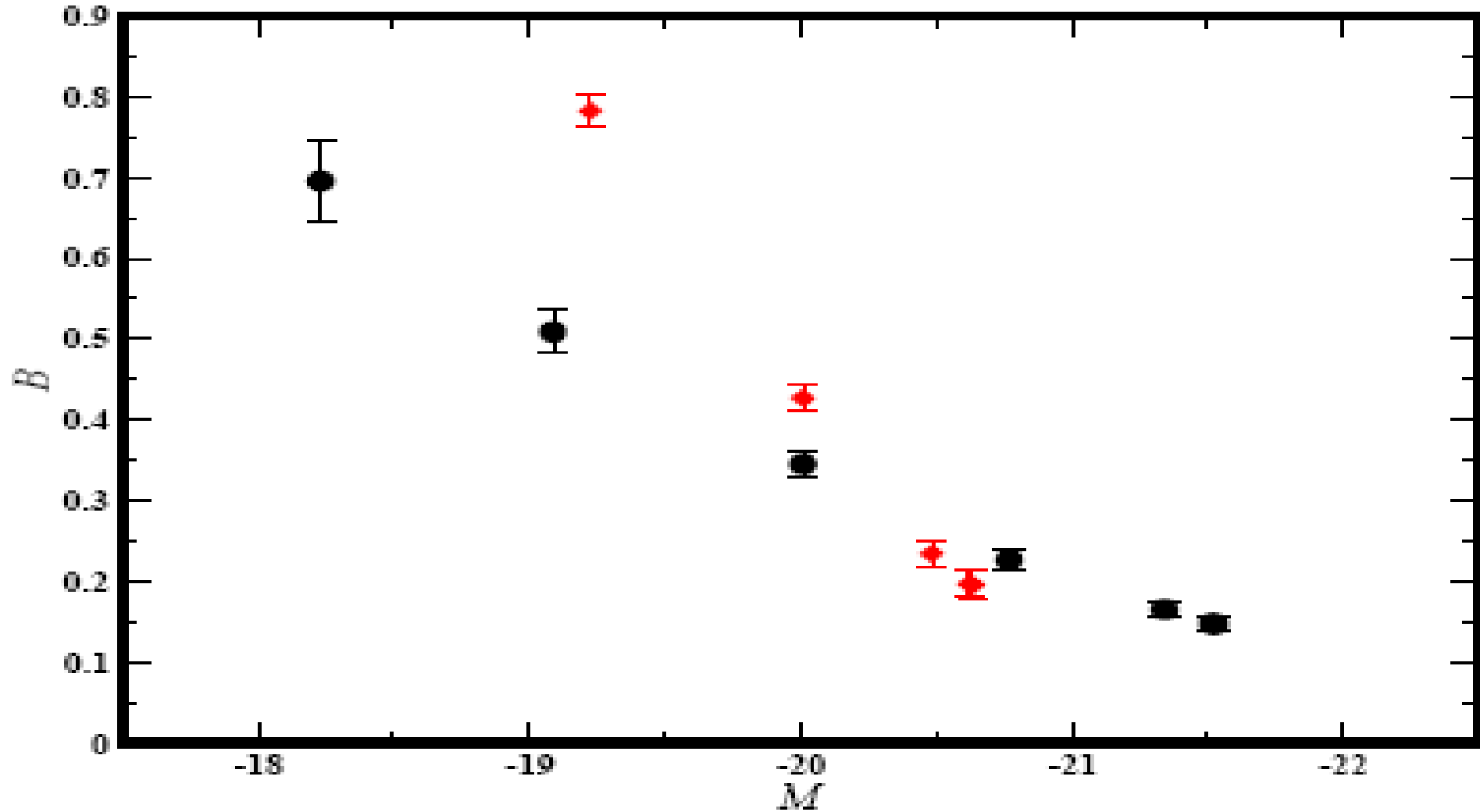


Fig. 2. Variation of the FJR slope ( $B$ ) in increasing magnitude intervals (upper magnitude cut-off). This graphs shows the  $B$  coefficient obtained using the  $BCES_{B0}$  method. Each point corresponds to the mean value of the total absolute magnitude of the galaxies contained in each magnitude interval analysed (see Table 1). Circles represent the total SDSS sample (g filter). Diamonds represent the homogeneous SDSS sample (g filter).



# The Faber–Jackson relation of the SDSS samples (narrow magnitude intervals)

| $MI$                               | $N$   | $B$               | $A$                 | $\sigma_{FJR}$ |
|------------------------------------|-------|-------------------|---------------------|----------------|
| Total SDSS sample (g filter)       |       |                   |                     |                |
| $-17.5 \geq M > -18.5$             | 111   | $0.695 \pm 0.049$ | $-10.724 \pm 0.898$ | 0.235          |
| $-18.5 \geq M > -19.5$             | 1248  | $0.725 \pm 0.016$ | $-11.843 \pm 0.301$ | 0.256          |
| $-19.5 \geq M > -20.5$             | 10062 | $0.597 \pm 0.008$ | $-9.864 \pm 0.166$  | 0.252          |
| $-20.5 \geq M > -21.5$             | 29455 | $0.506 \pm 0.006$ | $-8.407 \pm 0.123$  | 0.267          |
| $-21.5 \geq M > -22.5$             | 37361 | $0.451 \pm 0.006$ | $-7.576 \pm 0.134$  | 0.266          |
| $-22.5 \geq M > -23.5$             | 10746 | $0.526 \pm 0.009$ | $-9.582 \pm 0.226$  | 0.230          |
| $-23.5 \geq M > -24.5$             | 325   | $1.082 \pm 0.314$ | $-23.132 \pm 7.439$ | 0.154          |
| Homogeneous SDSS sample (g filter) |       |                   |                     |                |
| $-18.5 \geq M > -19.5$             | 739   | $0.783 \pm 0.019$ | $-12.986 \pm 0.384$ | 0.253          |
| $-19.5 \geq M > -20.5$             | 6776  | $0.593 \pm 0.009$ | $-9.772 \pm 0.194$  | 0.257          |
| $-20.5 \geq M > -21.5$             | 7563  | $0.485 \pm 0.012$ | $-7.911 \pm 0.247$  | 0.262          |
| $-21.5 \geq M > -22.5$             | 1809  | $0.532 \pm 0.020$ | $-9.253 \pm 0.446$  | 0.210          |
| $-22.5 \geq M > -23.5$             | 14    | $1.038 \pm 0.206$ | $-20.988 \pm 4.675$ | 0.056          |

There is a systematic change in the  $B$  slope when we consider brighter galaxies.

There is a systematic change in the intrinsic dispersion when we consider brighter galaxies.

$$\log \sigma_0 = A - BM$$

$B$  Slope of the FJR

$\sigma_{FJR}$  Intrinsic dispersion

$N$  Number of galaxies in the interval magnitude

# Evolution of the slope of the FJR as function of the magnitude range (**narrow magnitude intervals**)

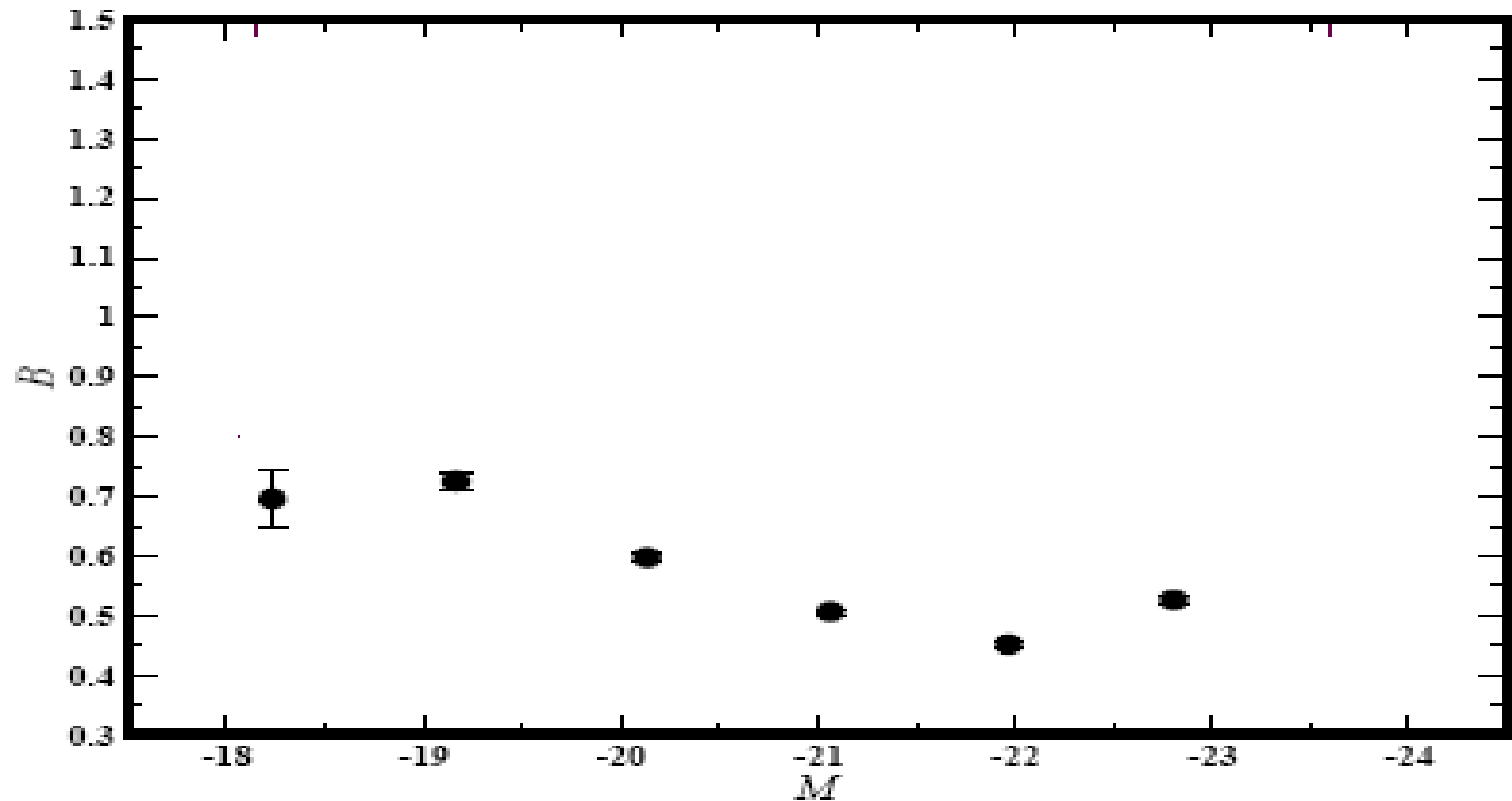


Fig. 4. Variation of the FJR slope ( $B$ ) in narrow magnitude intervals. This graphs shows the  $B$  coefficient obtained using the  $BCES_{Blr}$  method. Each point corresponds to the mean value of the total absolute magnitude of the galaxies contained in each magnitude interval analysed. Circles represent the total SDSS sample ( $g$  filter) in 1.0 mag width intervals. Diamonds represent the total SDSS sample ( $g$  filter) in 0.5 mag width intervals. Squares represent the total SDSS sample ( $g$  filter) in 0.25 mag width intervals.

# Hypothesis test (run test) for the data analysis

---

Sample per cent

Increasing magnitude intervals (upper magnitude cut-off)

---

Total SDSS (g filter) 96

Total SDSS (r filter) 96

1 mag interval

---

Total SDSS (g filter) 90

Total SDSS (r filter) 90

---

**The null hypothesis establishes that there is no underlying trend in the data, the percentages refer to the confidence level with which we can reject the null hypothesis.**

# Evolution of the slope of the FJR as function of the magnitude range (narrow magnitude intervals)

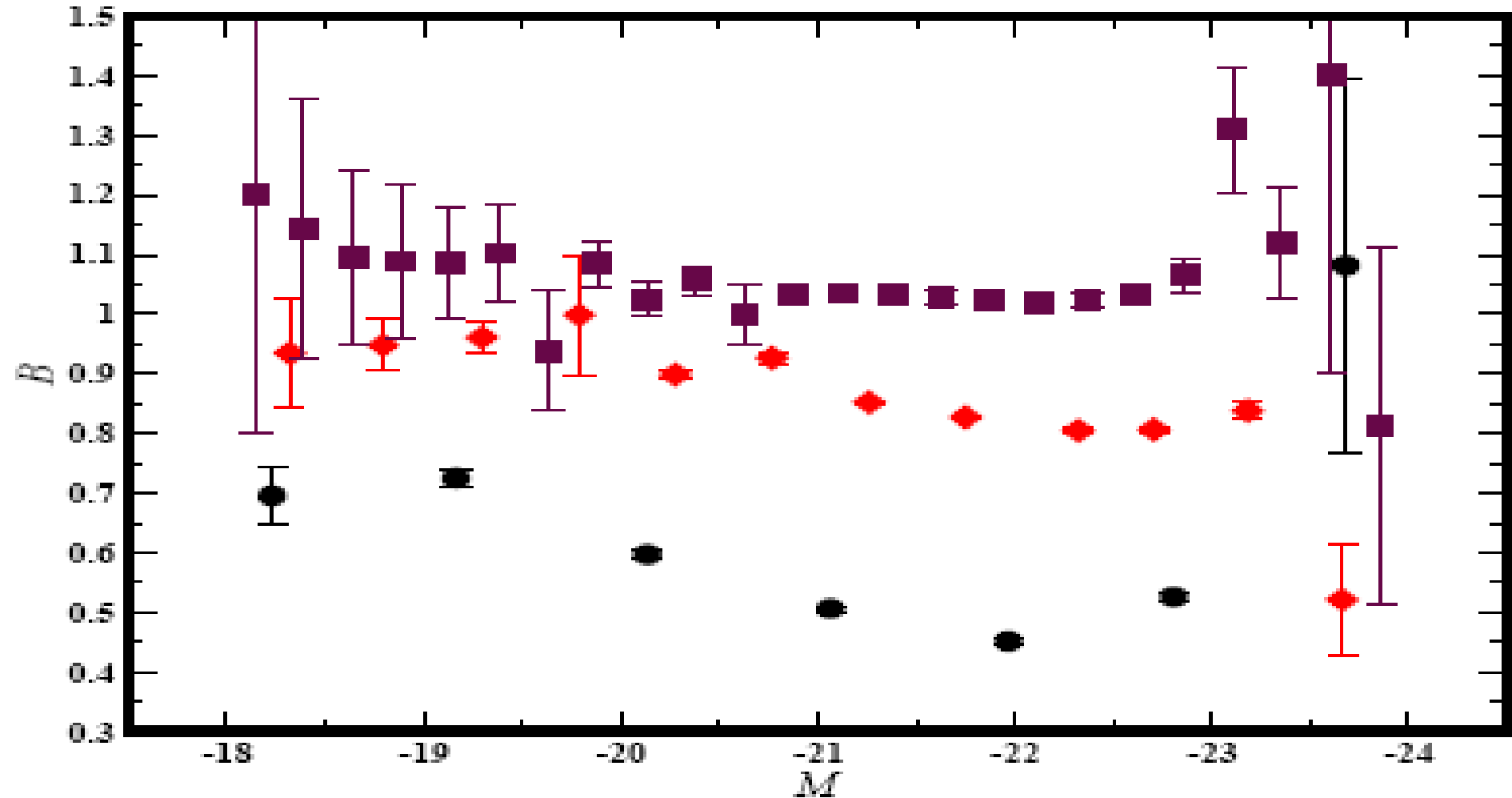
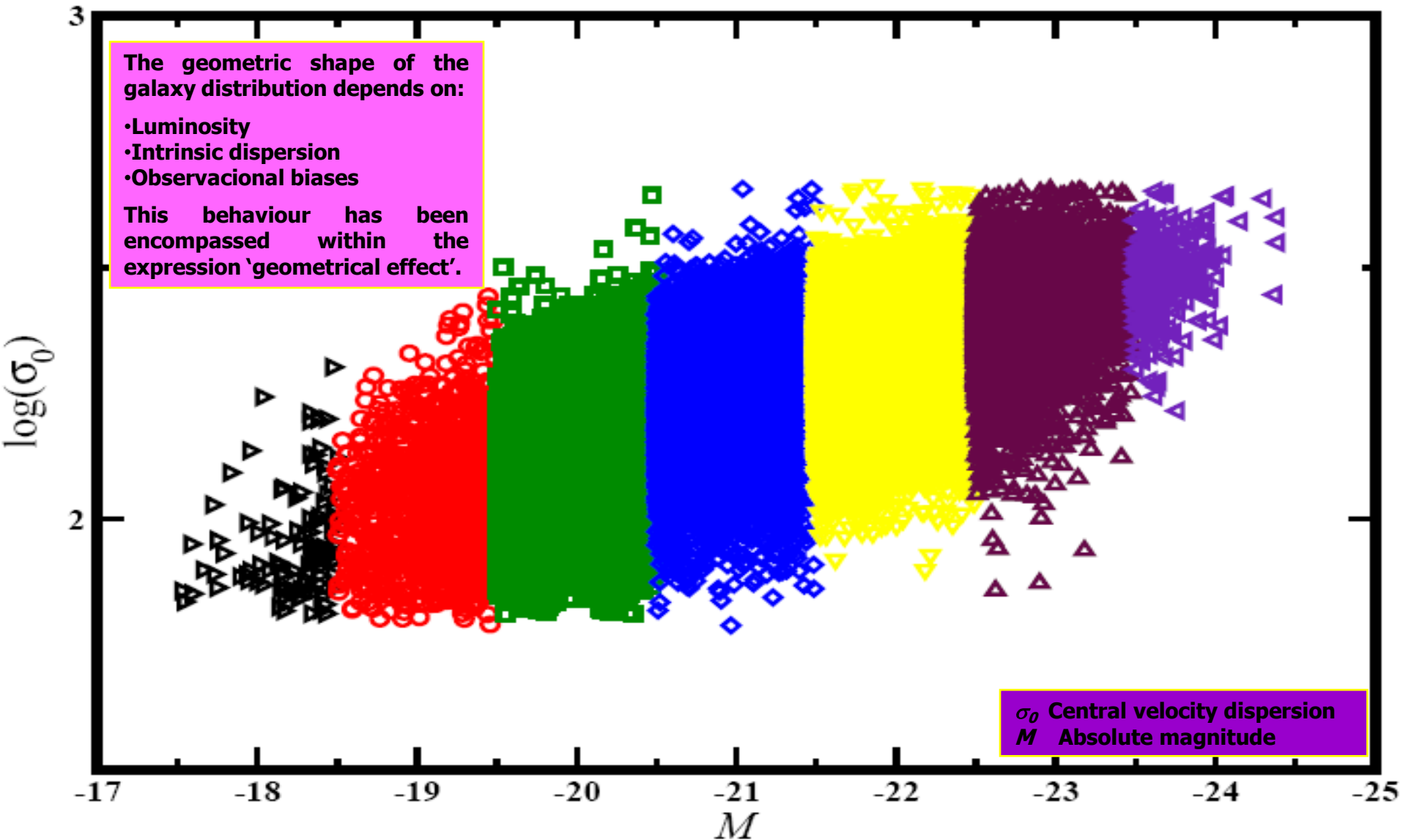



Fig. 4. Variation of the FJR slope ( $B$ ) in narrow magnitude intervals. This graph shows the  $B$  coefficient obtained using the  $BCES_{\text{BL}}$  method. Each point corresponds to the mean value of the total absolute magnitude of the galaxies contained in each magnitude interval analysed. Circles represent the total SDSS sample ( $g$  filter) in 1.0 mag width intervals. Diamonds represent the total SDSS sample ( $g$  filter) in 0.5 mag width intervals. Squares represent the total SDSS sample ( $g$  filter) in 0.25 mag width intervals.

# Distribution of galaxies in the $M - \log(\sigma_0)$ Plane



Total sample of the SDSS ( $\sim 90\,000$  galaxies). Each symbol and colour represent a 1-mag wide Interval.

- The parameters of the **structural relations (SR)** depend on the magnitude range within which the galaxies of the sample under analysis are distributed.
  - The dependence of the **SR** on the magnitude range may be explained as the result of a 'geometrical effect'.
  - Any systematic restrictions imposed on a sample of ETGs will cause changes in the geometric form of the distribution of ETGs and changes in the coefficients on the **SR**.
  - We stress that if the luminosity of galaxies and/or the width of the magnitude range are not taken into consideration when performing comparisons of the **SR** of different galaxy samples the differences which might be found may be misinterpreted.
- 

## Other research lines

I have been working with images (wide field camera of the INT) of the Hercules supercluster region. This work has given as a result a catalogue of objects of this region (catalogue's completeness down to  $m_R \sim 23$ ).

This will allow us, among other things, to obtain the luminosity function of the Hercules supercluster.

# THE FABER–JACKSON RELATION FOR EARLY–TYPE GALAXIES

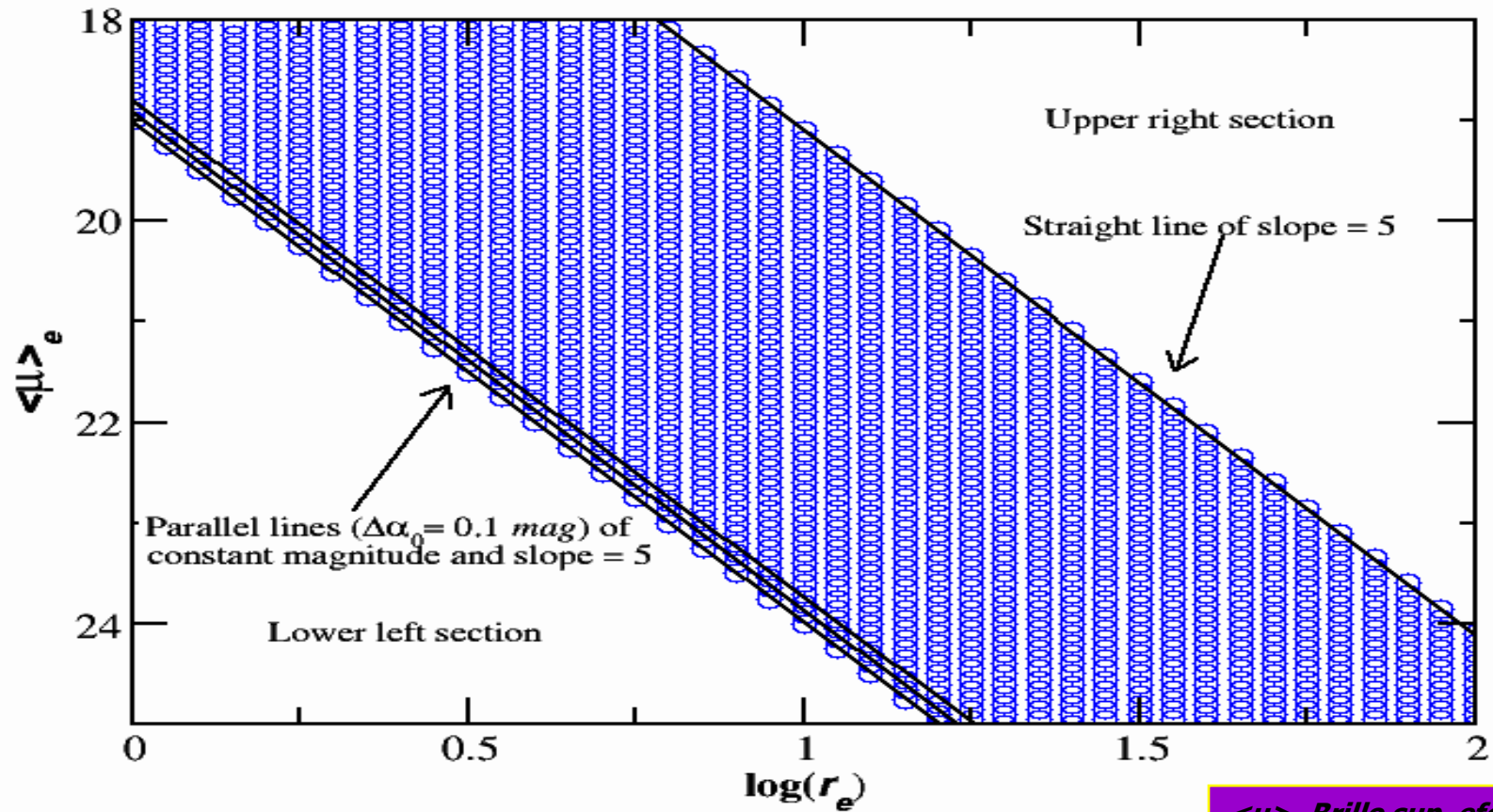
DEPENDENCE ON THE MAGNITUDE  
RANGE

*Alberto Nigoche Netro*  
*Instituto de Astrofísica de Canarias*



Simulaciones de la  
distribución de galaxias  
en el plano  $\log(r_{e,kpc}) -$   
 $\langle \mu \rangle_e$

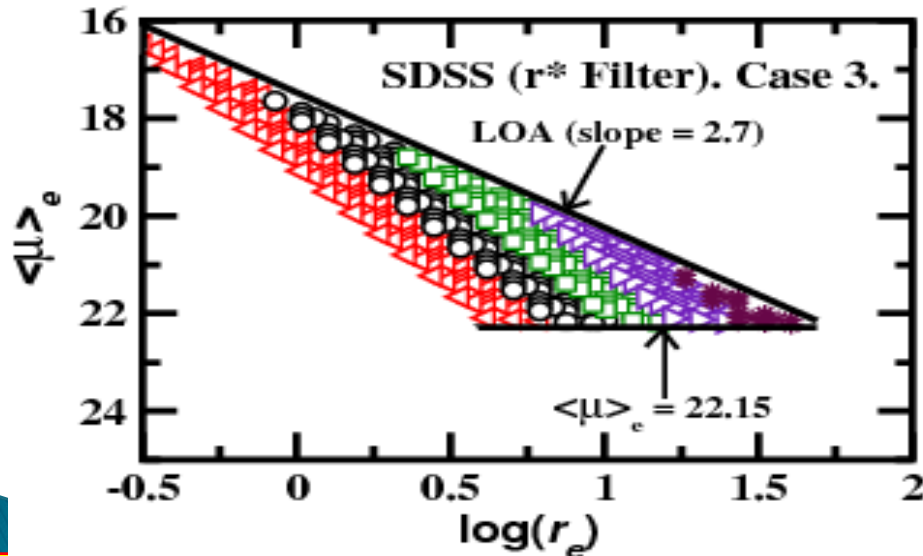
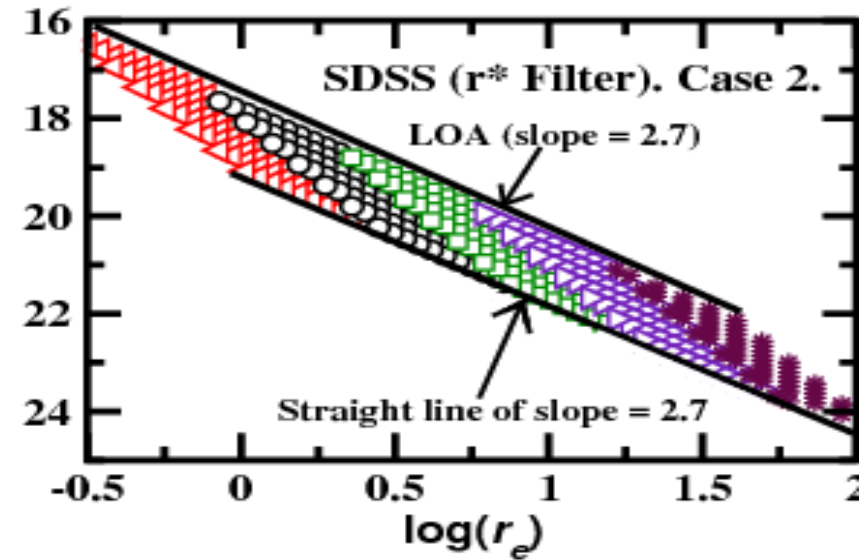
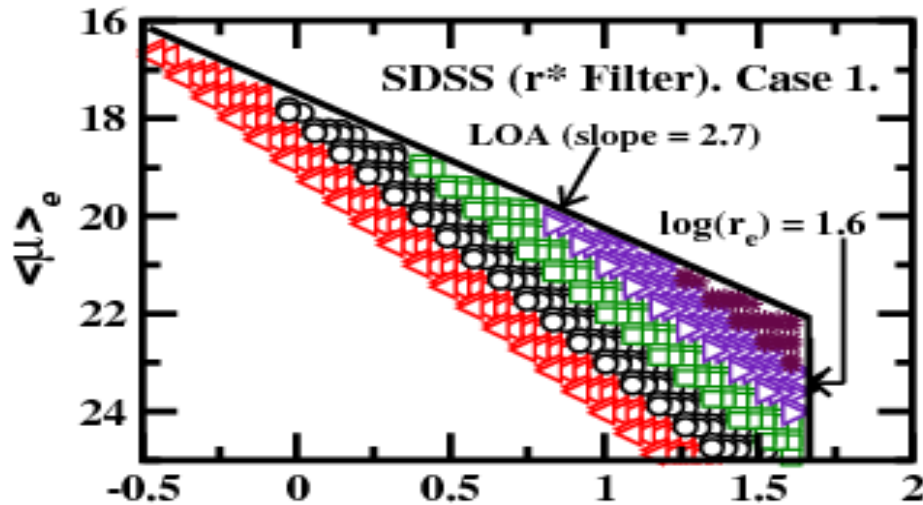
# Simulación de la distribución de galaxias en el Plano $\log(r_{e,kpc}) - \langle \mu \rangle_e$ (SDSS $r^*$ )



$\langle \mu \rangle_e$  Brillo sup. efec. medio  
 $r_e$  radio efectivo

**Simulación:** tomar valores de  $\log(r_e)$  en una rango similar al de muestra real, tomar un punto cero y fijar una pendiente ( $m=5$ ), luego incrementar el punto cero en  $0.1 \text{ mag/arcsec}^2$  y considerar nuevamente  $m=5$ , y así sucesivamente hasta cubrir todo el rango de brillo de la muestra real.

# Simulación de la distribución de galaxias en el Plano $\log(r_{e,kpc}) - \langle \mu \rangle_e$ (SDSS $r^*$ )

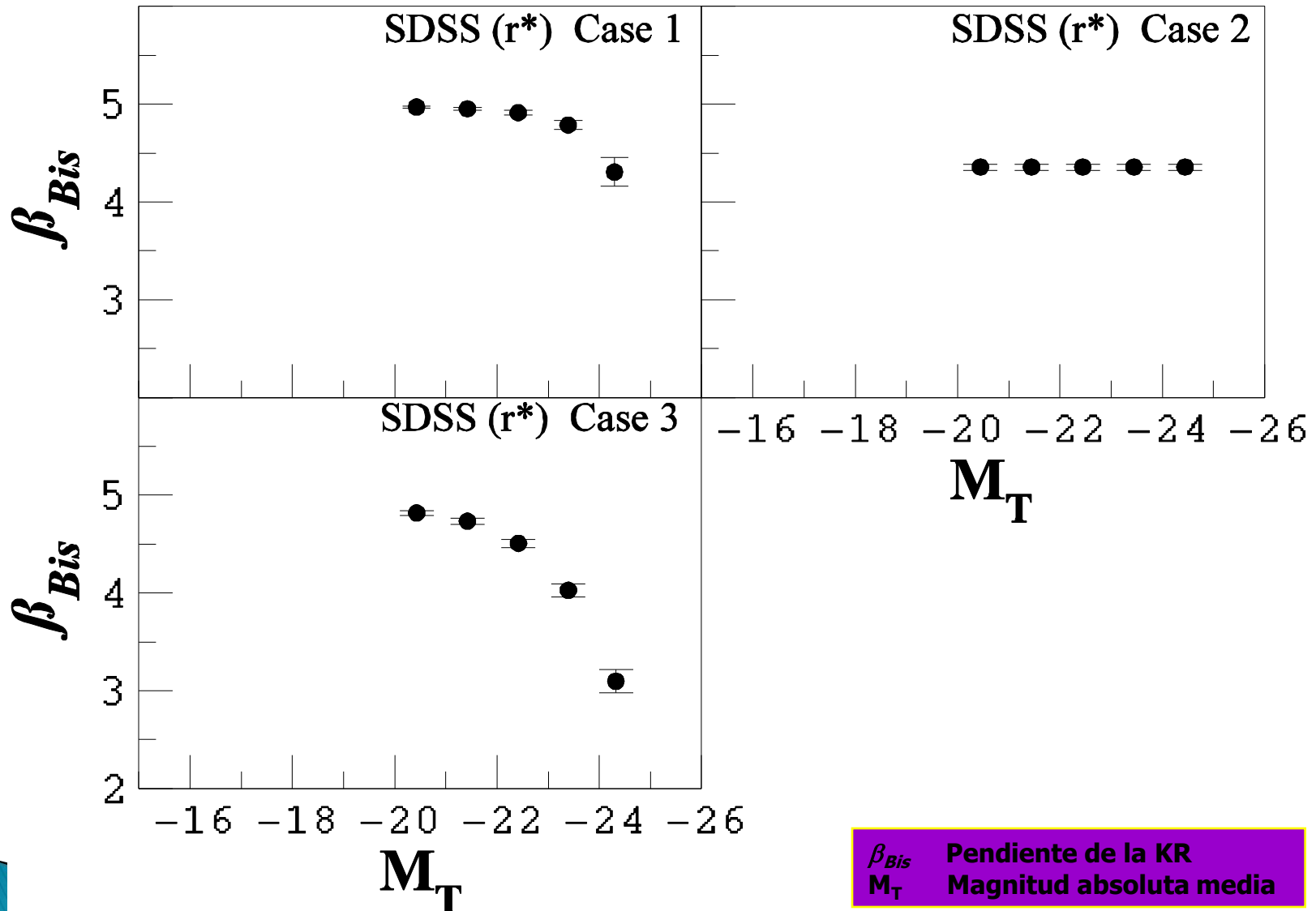


El análisis de la KR en *intervalos crecientes de magnitud* nos indica que hay una tendencia subyacente en los datos de  $\beta$ .

$\langle \mu \rangle_e$  Brillo sup. efec. medio  
 $r_e$  radio efectivo

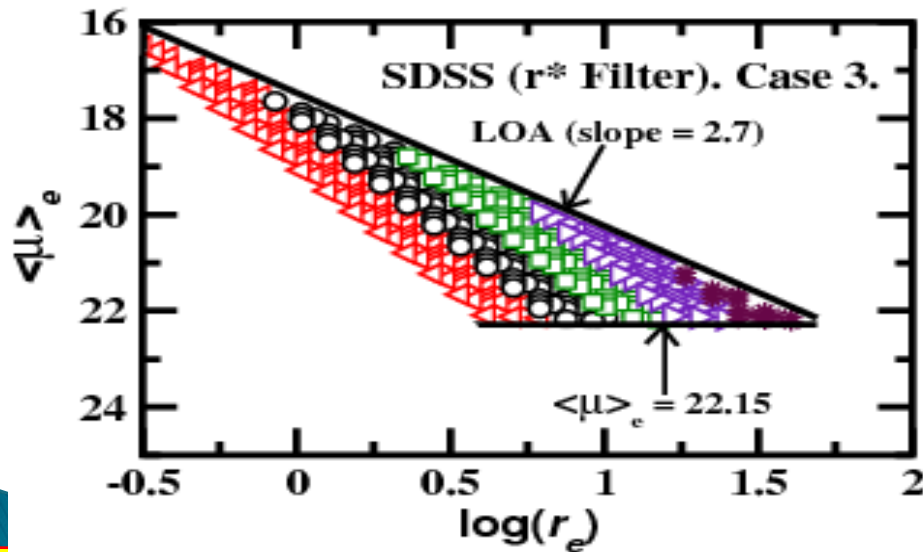
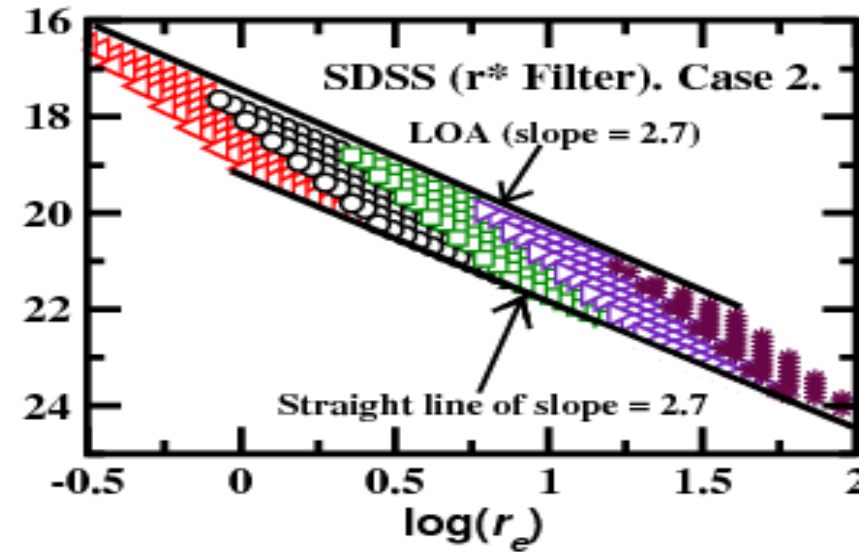
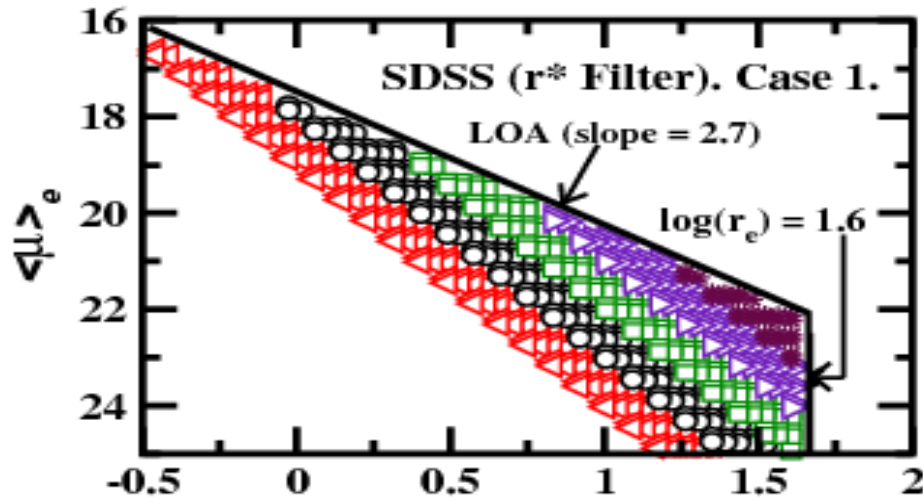
Simulación: Zona de exclusión en parte superior caracterizada por pendiente=2.7 (D'Onofrio et al. 2006). Parte inferior: Caso 1; Radio limite, Caso 2; limite dado por recta de pendiente=2.7, Caso 3; Brillo limite. Cada símbolo representa un intervalo de una magnitud.

# Variación de la pendiente $\beta$ de una simulación del SDSS en el filtro $r^*$ (int. de una magnitud)



Cada punto representa un intervalo de una magnitud (valor medio de la magnitud de las galaxias contenidas en cada rango de magnitud analizado)

# Simulación de la distribución de galaxias en el Plano $\log(r_{e,kpc}) - \langle \mu \rangle_e$ (SDSS $r^*$ )



Caso 2. si se traza una línea recta de pendiente 0 que contenga al baricentro de la distribución de galaxias, la distribución de galaxias es **simétrica**, mediante una reflexión y una rotación de  $180^\circ$ .

$\langle \mu \rangle_e$  Brillo sup. efec. medio  
 $r_e$  radio efectivo

Simulación: Zona de exclusión en parte superior caracterizada por pendiente=2.7 (D'Onofrio et al. 2006). Parte inferior: Caso 1; Radio limite, Caso 2; limite dado por recta de pendiente=2.7, Caso 3; Brillo limite. Cada símbolo representa un intervalo de una magnitud.

# ¿La relación FP depende de la anchura del rango de magnitud?

| <i>SDSS</i> | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -20.5$ | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -21.0$ | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -21.5$ | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -22.0$ | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -22.5$ |
|-------------|--|--|--|--|--|
| $a (g^*)$   | $0.994 \pm 0.022$                            | $1.062 \pm 0.001$                            | $1.158 \pm 0.006$                            | $1.271 \pm 0.006$                            | $1.359 \pm 0.007$                            |
| $b (g^*)$   | $0.297 \pm 0.035$                            | $0.296 \pm 0.019$                            | $0.298 \pm 0.012$                            | $0.305 \pm 0.009$                            | $0.311 \pm 0.007$                            |
| $c (g^*)$   | $-6.917 \pm 0.444$                           | $-7.184 \pm 0.221$                           | $-7.535 \pm 0.145$                           | $-7.956 \pm 0.145$                           | $-8.265 \pm 0.154$                           |

| <i>SDSS</i> | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -23.0$ | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -23.5$ | $MIST_{BIS}$<br>$-18.5 \geq M_{g^*} > -24.0$ |
|-------------|--|--|--|
| $a (g^*)$   | $1.406 \pm 0.007$                            | $1.425 \pm 0.007$                            | $1.428 \pm 0.008$                            |
| $b (g^*)$   | $0.312 \pm 0.007$                            | $0.315 \pm 0.007$                            | $0.315 \pm 0.007$                            |
| $c (g^*)$   | $-8.408 \pm 0.160$                           | $-8.495 \pm 0.165$                           | $-8.516 \pm 0.167$                           |

**Coeficiente  $a$  del FP**

**Coeficiente  $b$  del FP**

**Coeficiente  $c$  del FP**

$$\log(r_{e,kpc}) = a \log(\sigma_0) + b \langle \mu \rangle_e + c$$

# Coeficientes del FP en función de la anchura del rango de magnitud

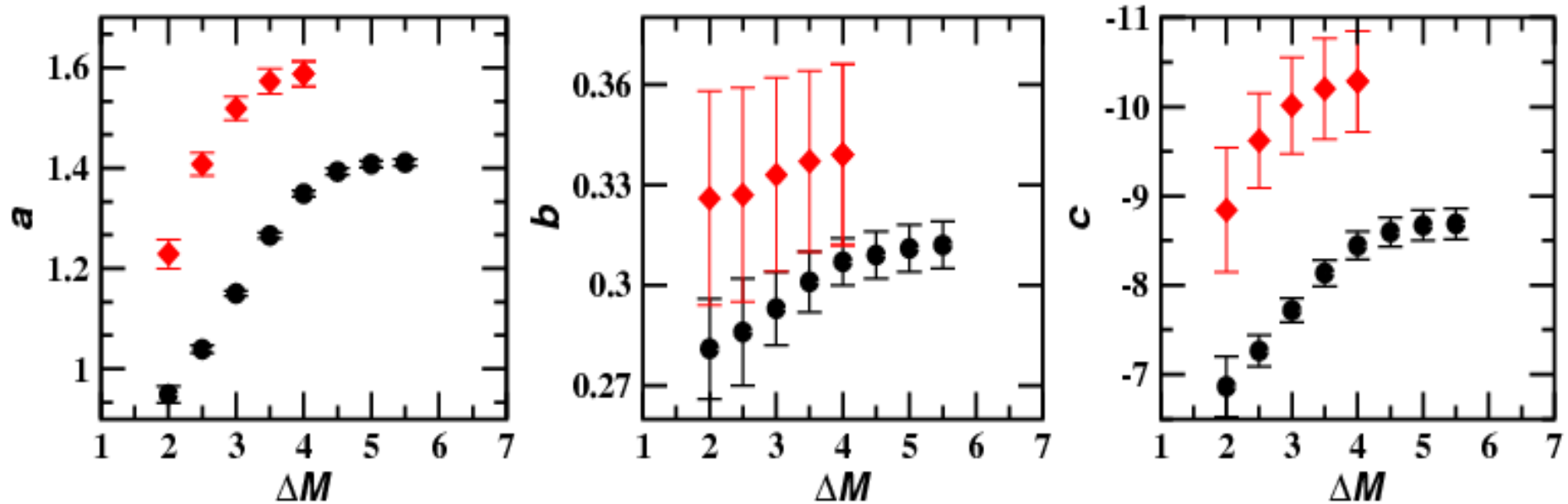


Figure 1. Behaviour of the FP coefficients with respect to the width of the magnitude range (upper magnitude cut-off). Circles represent the total SDSS sample ( $g^*$  filter). Diamonds represent the homogeneous SDSS sample ( $g^*$  filter).

# ¿La relación FP depende del brillo del rango de magnitud?

| <i>SDSS</i> | $BCES_{BIS}$<br>$-19.0 \geq M_{g^*} > -20.0$ | $BCES_{BIS}$<br>$-20.0 \geq M_{g^*} > -21.0$ | $BCES_{BIS}$<br>$-21.0 \geq M_{g^*} > -22.0$ | $BCES_{BIS}$<br>$-22.0 \geq M_{g^*} > -23.0$ | $BCES_{BIS}$<br>$-23.0 \geq M_{g^*} > -24.0$ |
|-------------|--|--|--|--|--|
| $a (g^*)$   | $1.157 \pm 0.029$                            | $1.126 \pm 0.012$                            | $1.159 \pm 0.009$                            | $1.220 \pm 0.012$                            | $1.330 \pm 0.055$                            |
| $b (g^*)$   | $0.231 \pm 0.001$                            | $0.225 \pm 0.001$                            | $0.232 \pm 0.001$                            | $0.244 \pm 0.001$                            | $0.266 \pm 0.001$                            |
| $c (g^*)$   | $-6.862 \pm 0.185$                           | $-6.603 \pm 0.075$                           | $-6.738 \pm 0.195$                           | $-7.062 \pm 0.081$                           | $-7.719 \pm 0.371$                           |

**Pruebas de hipótesis (contraste de signos o run test) demuestran que los coeficientes del FP presentan una tendencia subyacente, es decir, el FP depende tanto de la anchura como del brillo del rango de magnitud.**

**Coeficiente  $a$  del FP**  
**Coeficiente  $b$  del FP**  
**Coeficiente  $c$  del FP**

$$\log(r_{e,kpc}) = a \log(\sigma_0) + b \langle \mu \rangle_e + c$$



# Distribución de galaxias en el plano edge-on

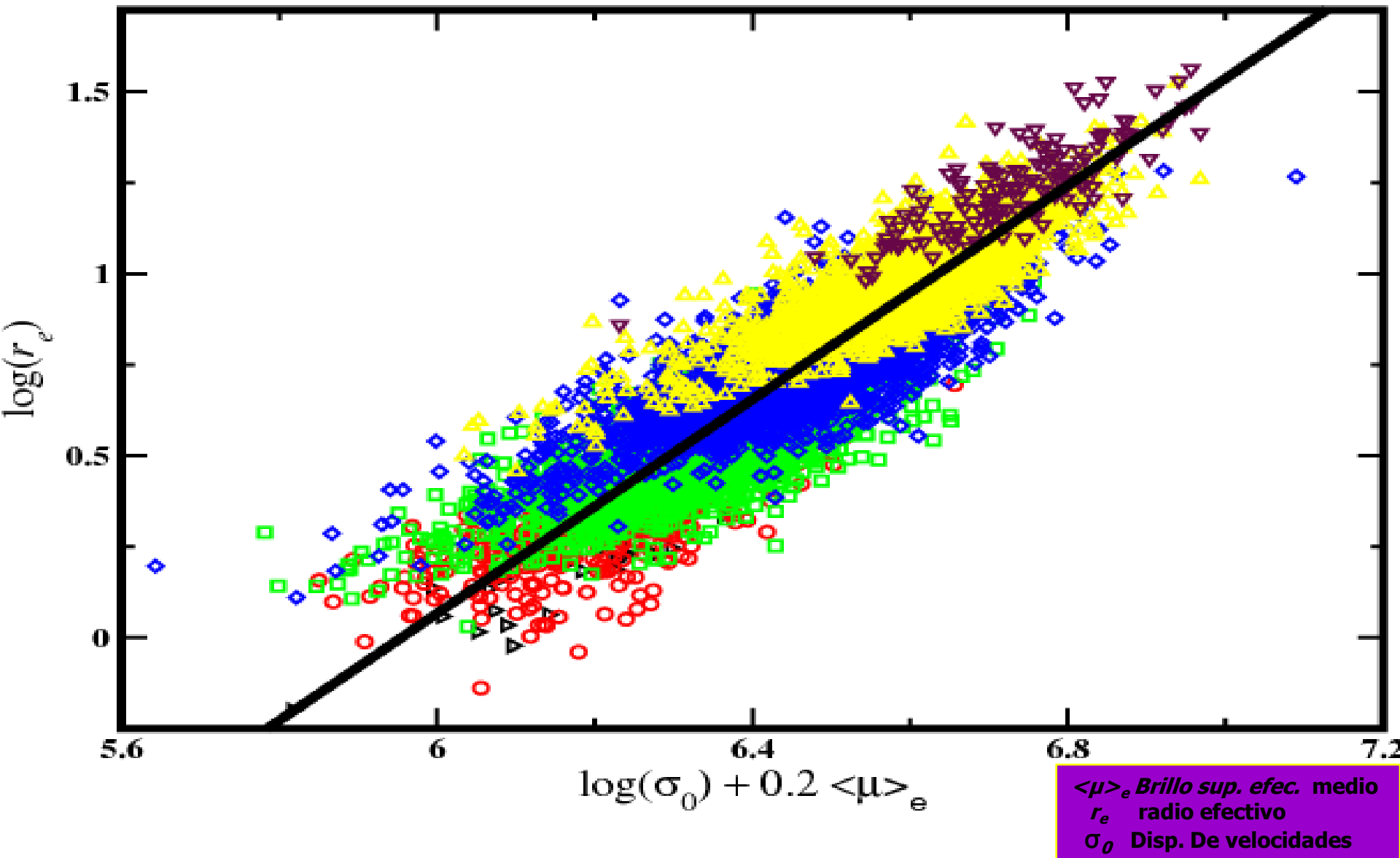


Figure 2. Distribution of the galaxies in the complete SDSS sample ( $g^*$  filter) on the edge-on plane. Each symbol and colour represent a one-magnitude wide interval. The continuous line is the fit ( $BCES_{Bj3}$ ) obtained for all the data in the sample.

# Cálculo de distancias a gran escala

- ▶ **Faber–Jackson y Tully–Fisher.** Mediante estas relaciones se puede conocer la magnitud absoluta y mediante esta se puede conocer la distancia.
- ▶ **Plano fundamental.** Si el FP es universal o si se conocen las desviaciones del FP respecto a la universalidad y además se establece el FP para un cúmulo de galaxias con distancia conocida, entonces podemos conocer el punto cero intrínseco. La desviación del punto cero del FP de otro cúmulo de galaxias nos dará la distancia al cúmulo en cuestión.

# Importancia de las relaciones estructurales

- ▶ Puesto que dichas relaciones involucran parámetros dinámicos y de contenido estelar, **el proceso de conversión de masa en estrellas debe estar codificado ahí**. Por ejemplo, dichas relaciones nos dicen que las galaxias más grandes son más eficientes en producir estrellas y enriquecer el medio interno (Larson 1974 propuso que los vientos galácticos causados por supernovas son la causa de la alta formación estelar en las E).
- ▶ Algunos estudios demuestran que las relaciones estructurales (FP, KR, color–magnitud) existen para galaxias a alto redshift, **lo que implica que dichas galaxias se formaron en épocas tempranas del Universo y evolucionaron pasivamente desde entonces o que los procesos de formación estelar siguen patrones muy bien definidos**, lo cual es difícil de explicar con el modelo jerárquico, donde las galaxias pequeñas (que difieren en sus propiedades observables) forman a las más grandes.
- ▶ Algunas de las relaciones estructurales (FP, color–magnitud) muestran una dispersión intrínseca relativamente pequeña lo cual también **implica una alta sincronización de formación de estrellas**, puesto que de lo contrario, las variaciones de edad harían que la dispersión de las relaciones fuera grande.

# Pruebas de hipótesis

Sea el caso donde un estimador  $W$  es calculado de  $N$  observaciones independientes de una variable aleatoria  $X$ , asumir que el verdadero parámetro  $W$  ha sido estimado y toma un valor  $W_0$ . Si la hipótesis es que  $W = W_0$ , que diferencia debe haber entre  $W$  y  $W_0$  para que la hipótesis pueda ser rechazada?. En términos estadísticos, se puede considerar la probabilidad de una diferencia entre  $W$  y  $W_0$  basándose en la distribución de  $W$ . Si la probabilidad de una diferencia dada es pequeña, la diferencia será considerada significativa y la hipótesis  $W = W_0$  será rechazada. En el caso de que la probabilidad de la diferencia no sea pequeña, la diferencia será aceptada como una variabilidad estadística normal y la hipótesis será aceptada.

# Prueba del contraste de signos

- La hipótesis nula es que no hay tendencia subyacente en los datos.
- Se obtiene la mediana de la muestra y se asigna un signo + si el primer dato de la muestra es mayor o igual que la mediana, en caso contrario se asigna un signo -.
- Se repite este ejercicio consecutivamente para todos los datos de la muestra.
- cada cambio de signo se denomina un "run".
- Se compara el número de runs de la muestra dada con el número de runs que tendría una muestra con una distribución aleatoria.
- Si el número de runs es menor que el de la muestra aleatoria la hipótesis se debe rechazar, en caso contrario la hipótesis se debe aceptar.

# Cuestiones interesantes acerca de la Line of Abundance (LOA)

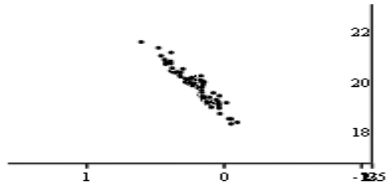
La LOA podría estar relacionada con propiedades físicas de las galaxias pues parece coincidir con una línea de dispersión de velocidades constante ( $\sigma_0 = 250$  km/s), es decir la LOA podría estar relacionada con un límite superior en  $\sigma_0$  permitido a las galaxias lo cual podría estar relacionado con la temperatura y densidad del Universo en la época de la formación de las galaxias . Lo anterior se podría interpretar de la siguiente manera: si el FP es el reflejo del equilibrio que alcanzan las galaxias, aquellas galaxias cuya dispersión de velocidades se encuentra próxima al límite alcanzan el equilibrio (se sitúan en el FP) aumentando su tamaño y disminuyendo su brillo superficial.

# Muestra homogénea del SDSS.

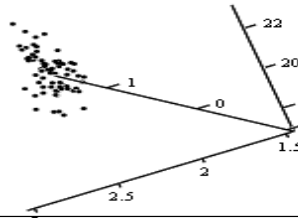
Within large volumes there could be evolution effects of the parameters of the galaxies. So, in order to have a representative sample of the universe in a given volume without any evolution effects it is important to consider narrow redshift intervals. Bernardi et al. 2003b recommend  $z = 0.04$ . This value comes from the sizes of the largest structures in the universe seen in numerical simulations of the cold dark matter family of models (Colberg et al. 2000).

# Distribución 3-D de las ETGs de Bernardi et al. (2003)

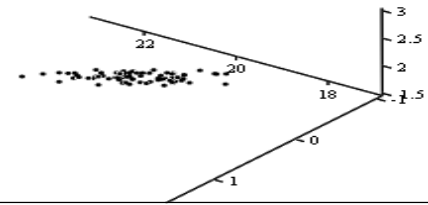
$-19 \geq M_{r,*} > -20$



(X1, XX3, X2)



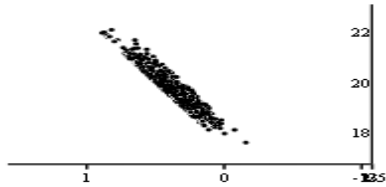
(X1, XX3, X2)



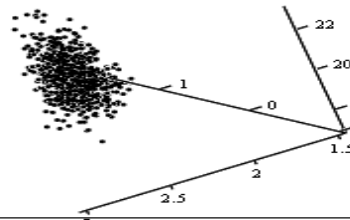
(X1, XX3, X2)

$-20 \geq M_{r,*} > -21$

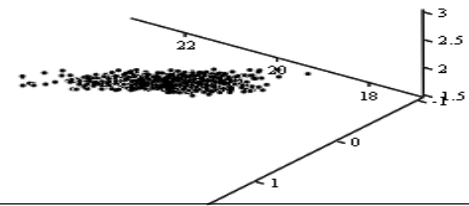
-21



(X2 1, XX23, X2 2)



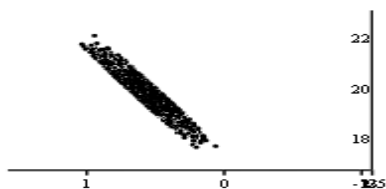
(X2 1, XX23, X2 2)



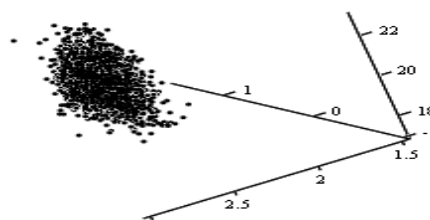
(X2 1, XX23, X2 2)

$-21 \geq M_{r,*} > -22$

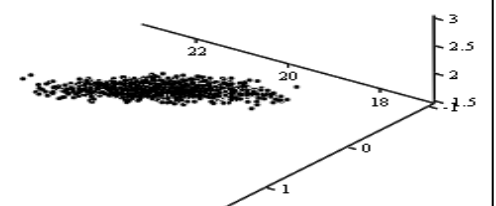
-22



(X3 1, XX33, X3 2)



(X3 1, XX33, X3 2)

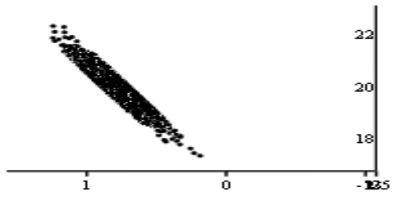


(X3 1, XX33, X3 2)

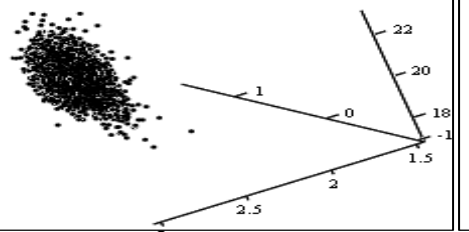


# Distribución 3-D de las ETGs de Bernardi et al. (2003)

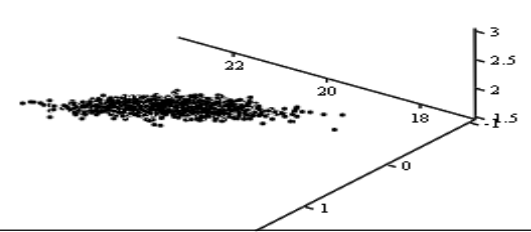
$-22 \geq M_r^* > -23$



(X4 1, XX43, X42)

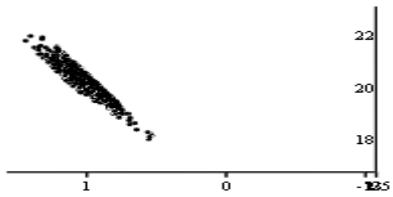


(X4 1, XX43, X42)

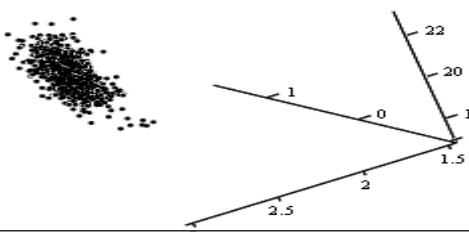


(X4 1, XX43, X42)

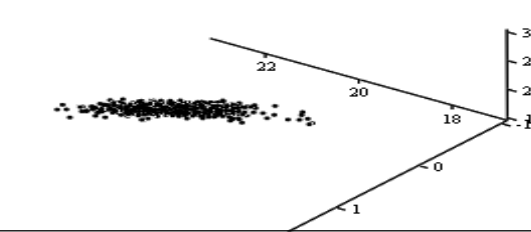
$-23 \geq M_g^* > -24$



(X5 1, XX53, X52)

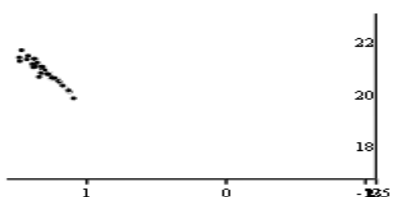


(X5 1, XX53, X52)

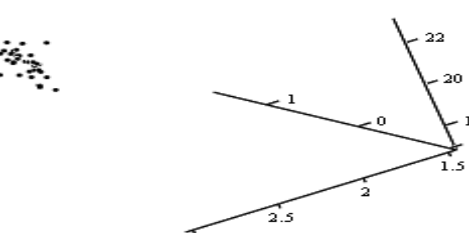


(X5 1, XX53, X52)

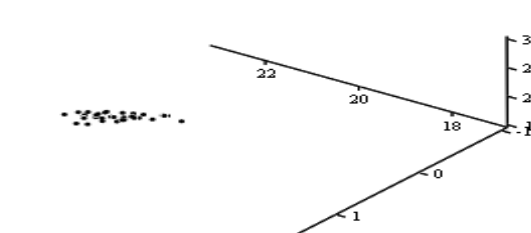
$-24 \geq M_g^* > -25$



(X6 1, XX63, X62)



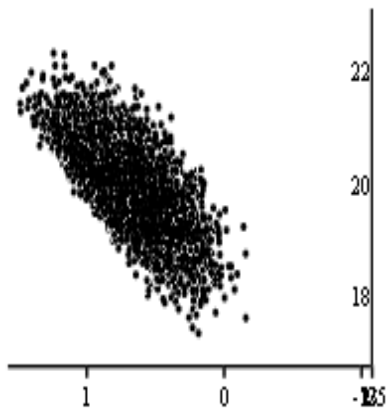
(X6 1, XX63, X62)



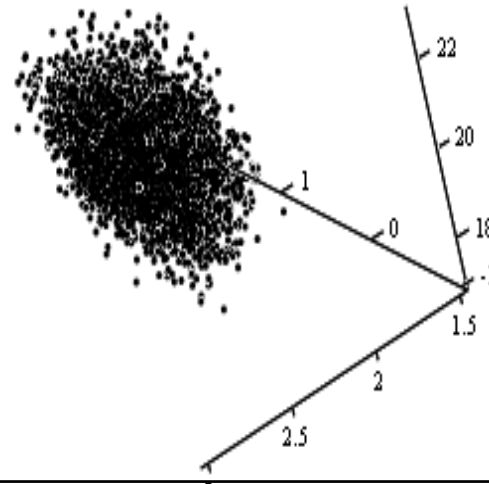
(X6 1, XX63, X62)

# Distribución 3-D de las ETGs de Bernardi et al. (2003)

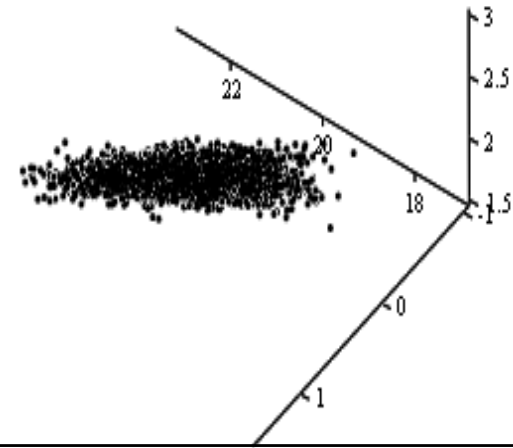
$-19 \geq M_r^* > -25$



(X,Z,Y)



(X,Z,Y)



(X,Z,Y)

Distribución de residuos del FP (diferencia entre los valores de una variable predichos por el mejor ajuste al FP y los valores reales) tomando como referencia el ajuste a todas las galaxias de la muestra ( $-18.5 \geq M > -24$ ).

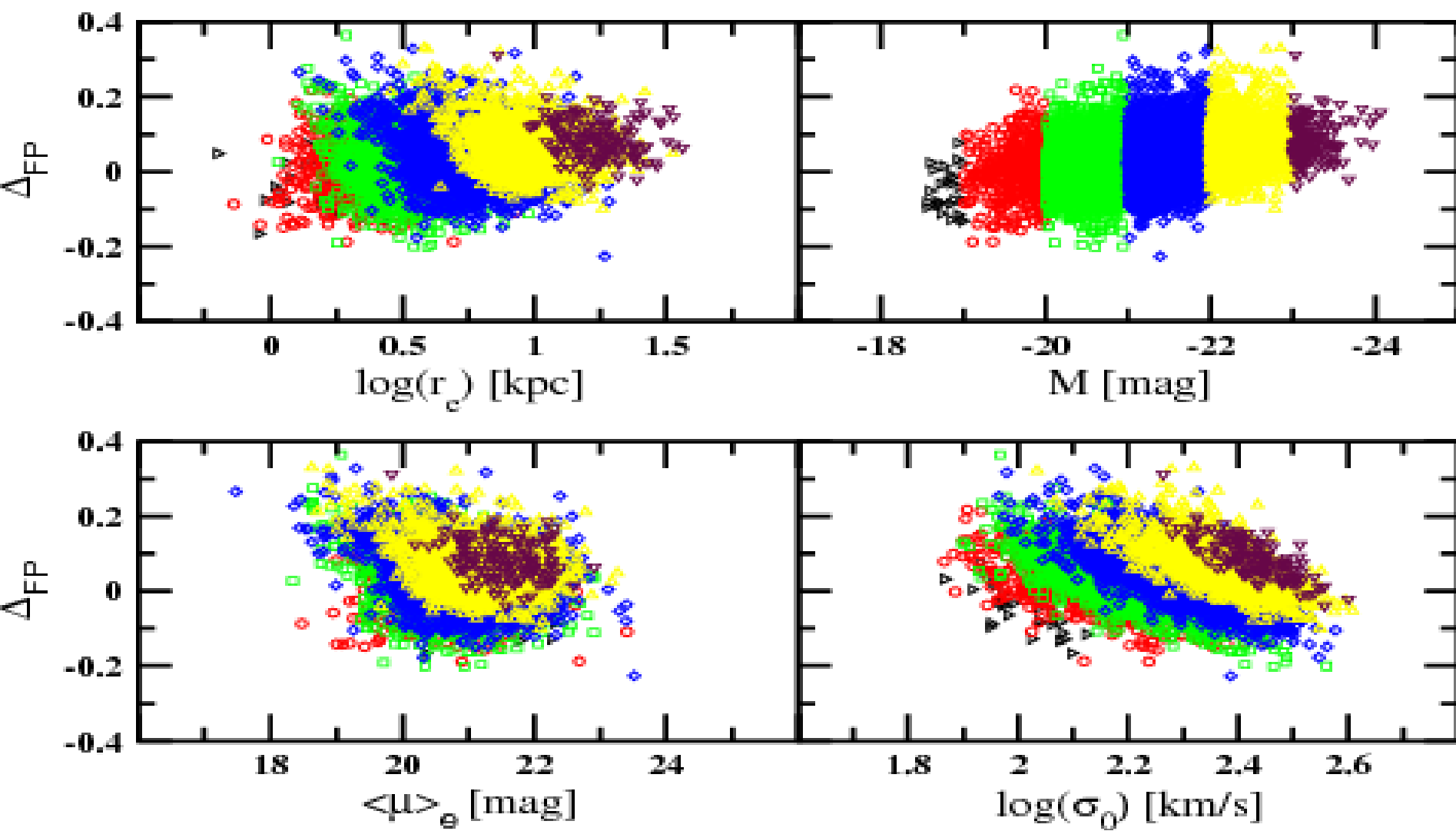


Figure 3. Orthogonal residues for the FP vs.  $\log(r_e)$ ,  $M$ ,  $\langle \mu \rangle_e$ ,  $\log(\sigma)$ , and  $X_{FP}$ . The FP coefficients we use correspond to the  $BCES_{R_{j_3}}$  fit for all the galaxies in the SDSS sample ( $g^*$  filter). Each symbol and colour represent a one-magnitude wide interval.

Distribución de residuos del FP tomando como referencia el ajuste a la parte media de la distribución de galaxias ( $-21 \geq M > -22$ )

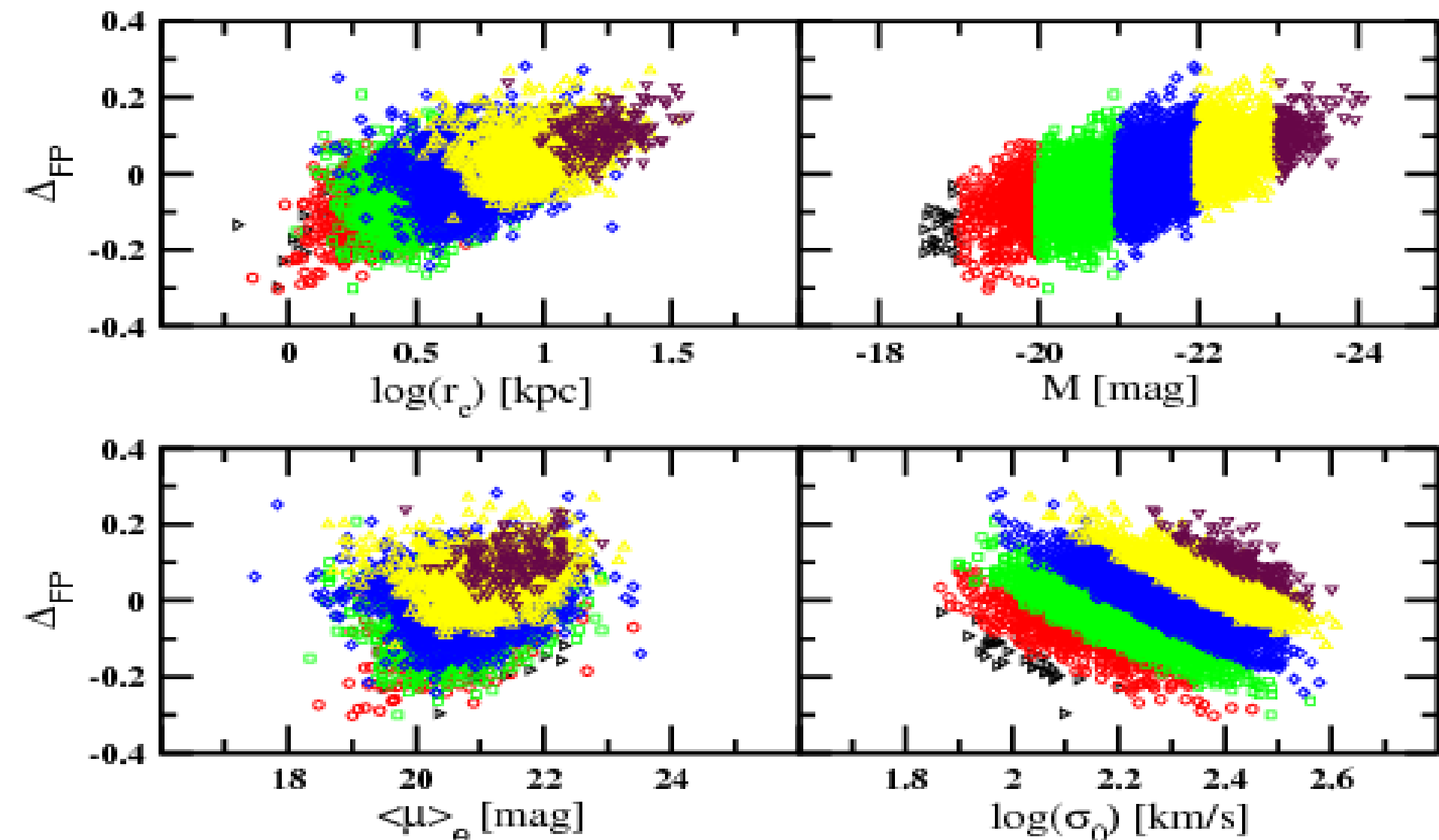
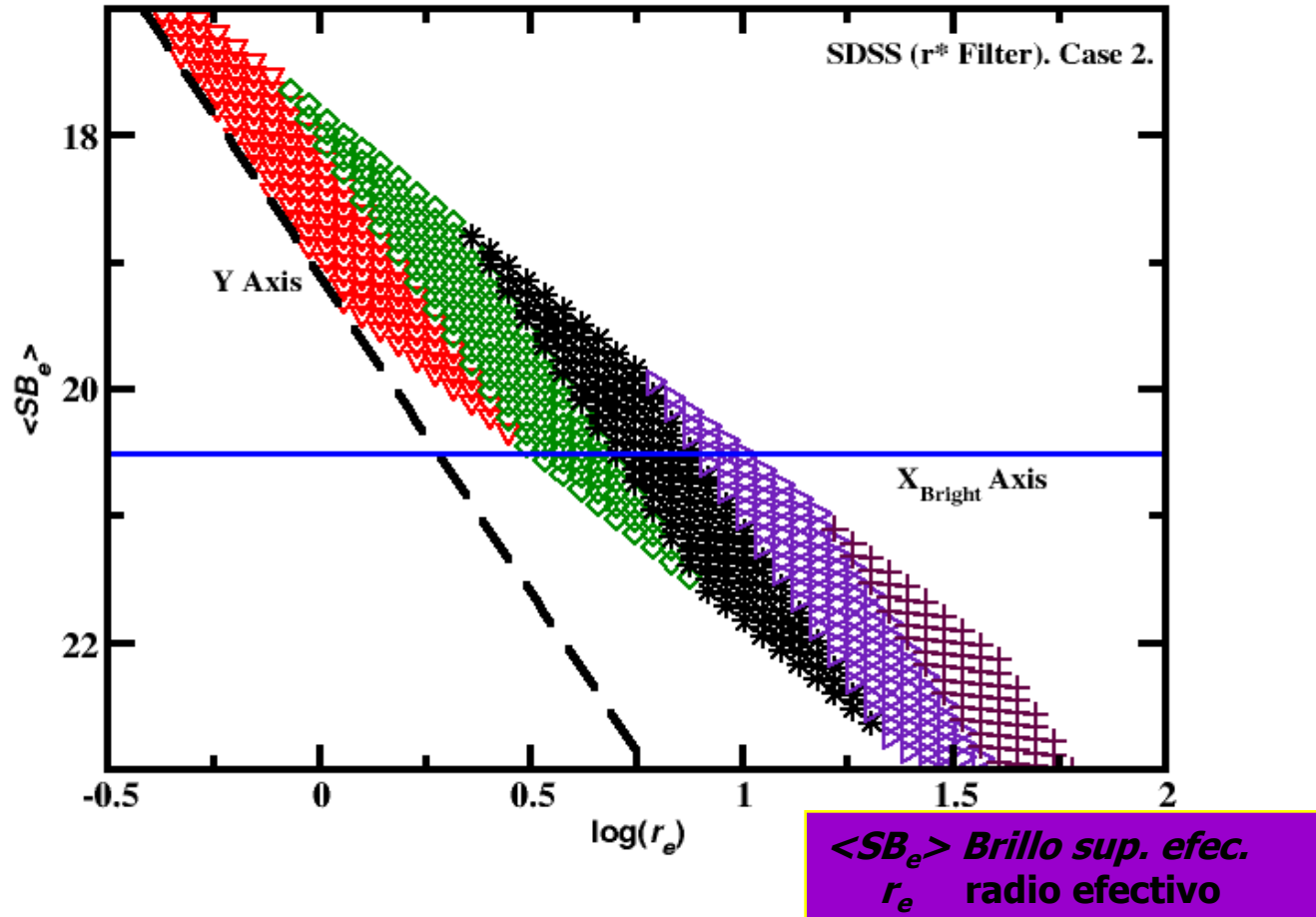


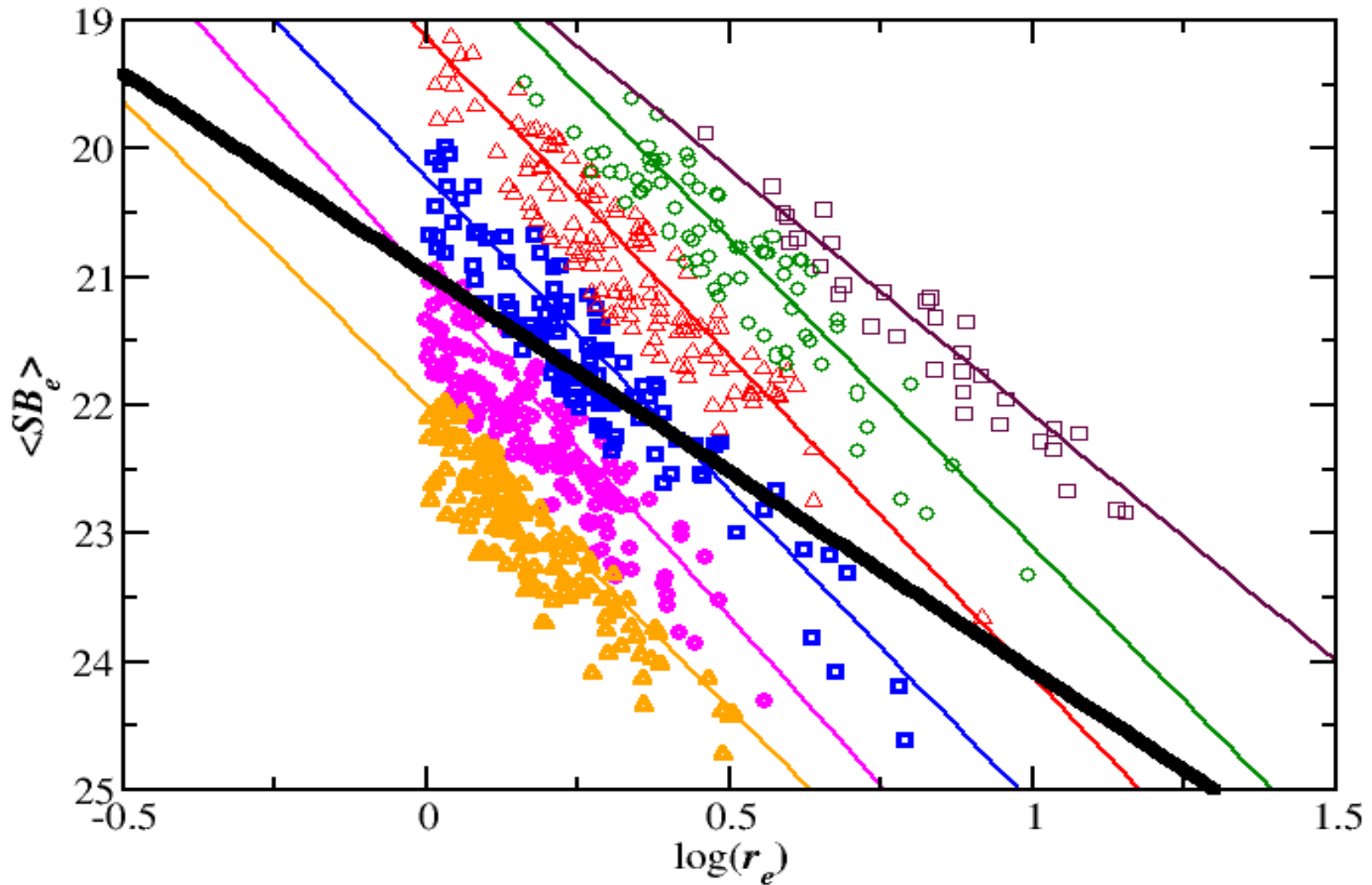
Figure 4. Orthogonal residues for the FP vs.  $\log(r_e)$ ,  $M$ ,  $\langle \mu \rangle_e$ ,  $\log(\sigma)$ , and  $X_{FP}$ . The FP coefficients we use correspond to the  $BCES_{Bis}$  fit for the middle part ( $-21.0 \geq M > -22.0$ ) of the SDSS galaxy distribution ( $g^*$  filter). Each symbol and colour represent a one-magnitude wide interval.

# Simulación de la distribución de galaxias en el Plano de Kormendy (SDSS $r^*$ )



La línea quebrada es una recta de pendiente 5 y de magnitud constante  $M_B \sim -18$  (línea que divide a las galaxias débiles y brillantes). La línea continua es un recta de pendiente 0 que contiene al baricentro de la distribución de galaxias en la parte brillante ( $M_B \leq -18$ ). La distribución de galaxias es **simétrica** respecto a  $X_{\text{Bright}}$  mediante una reflexión y una rotación de  $180^\circ$

# Distribución de galaxias en el plano de Kormendy (muestra de los siete cúmulos de Abell)



Cada símbolo representa un intervalo de una magnitud. Las líneas delgadas representan ajustes a los datos en cada uno de los intervalos de magnitud. La línea gruesa representa el ajuste a todos los datos.

$r_e$  radio efectivo  
 $\langle SB_e \rangle$  Brillo sup. efec.

# Poblaciones estelares en ETGs

- ▶ El modelo monolítico predice que las ETGs son una clase uniforme de objetos que albergan poblaciones estelares viejas. El modelo jerárquico predice historias de formación más complejas y extendidas en el tiempo.
- ▶ Las poblaciones estelares (PE) constituyen un registro fósil de la historia de formación y evolución química de las ETGs.
- ▶ La comparación de las observaciones con las predicciones de los modelos de síntesis de poblaciones estelares (MESPE) permiten inferir las propiedades de las PE a partir de la luz integrada.
- ▶ Actualmente no hay consenso en algunos aspectos respecto a los MESPE pues mientras que algunos modelos predicen cierta dispersión de edad en las ETGs (en consonancia con el modelo jerárquico), otros encuentran que son viejas (en consonancia con el modelo monolítico).
- ▶ Por otro lado las galaxias en general, difieren ampliamente en sus propiedades observables (luminosidad, color, masa, tamaño, brillo superficial, etc.) (en consonancia con el modelo jerárquico) y sin embargo muestran relaciones muy precisas entre dichos parámetros (relaciones de escala) las cuales sugieren que las ETGs se formaron a alto *redshift* (en consonancia con el modelo monolítico).
- ▶ El papel de las galaxias aisladas es importante puesto que tanto sus PE como sus relaciones de escala constituyen un *prueba* a los modelos de formación y evolución galáctica.