

Astronomía Extragaláctica

Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

Profes.: Favio R. Faifer y Sergio A. Cellone

Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

curso 2020

Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

- 1 Clasificación morfológica
- 2 Clasificación cuantitativa
- 3 Distribuciones espectrales de la emisión de energía
- 4 Distribuciones de brillo superficial
- 5 La corrección K
- 6 Función de luminosidad

Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

- 1 Clasificación morfológica
- 2 Clasificación cuantitativa
- 3 Distribuciones espectrales de la emisión de energía
- 4 Distribuciones de brillo superficial
- 5 La corrección K
- 6 Función de luminosidad

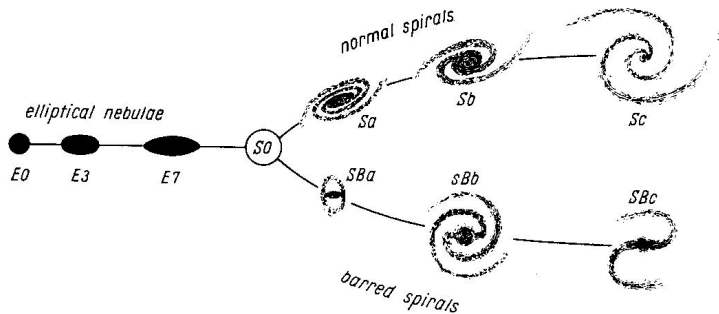
Clasificación morfológica

Lord Parson: los orígenes



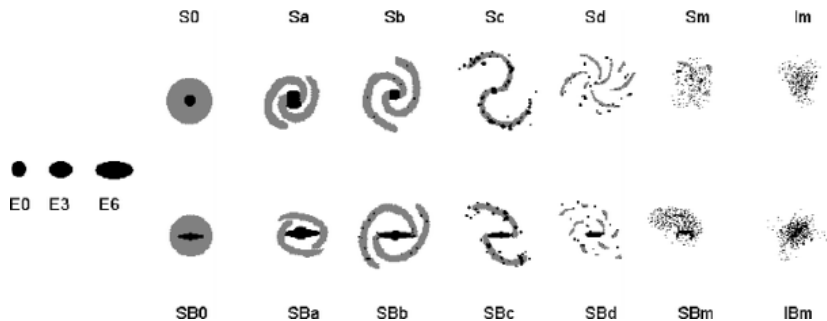
Clasificación morfológica

Hubble (*tuning fork*)



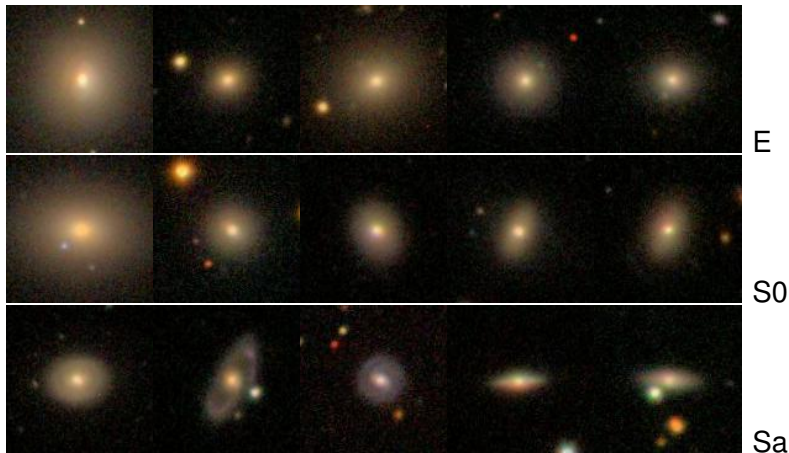
Clasificación morfológica

Hubble extendida



Clasificación morfológica

Sloan Digital Sky Survey (SDSS)



Clasificación morfológica

Sloan Digital Sky Survey (SDSS)



Sa



Sb



Sc

Clasificación morfológica

Galaxias luminosas



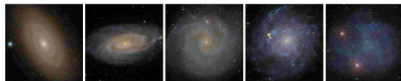
E2

S0⁻

S0⁰

S0⁺

S0/a



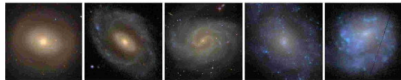
SAa

SAb

SAc

SAd

SAm



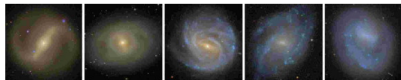
SABa

SABb

SABc

SABd

SABm



SBa

SBb

SBc

SBd

SBm

Clasificación morfológica

Galaxias enanas



cE0

cE4

dE0,N

dE4,N

dE5



dS0,N

dS0,N

dS0

dS0,N

dS0



BCD

BCD

BCD

large dE

large dE

Clasificación morfológica

Galaxias esferoidales e irregulares enanas



dSph

dSph

dI

dI

Clasificación morfológica

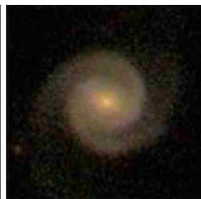
Objetos peculiares



green pea



Hanny's Voorwerp



red spiral



blue spiral

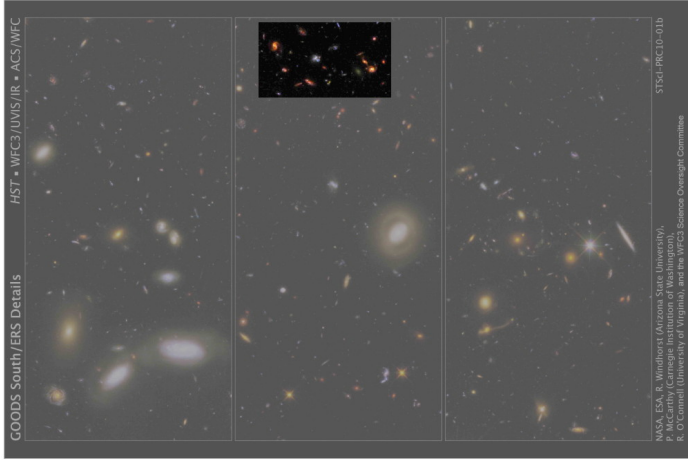
Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



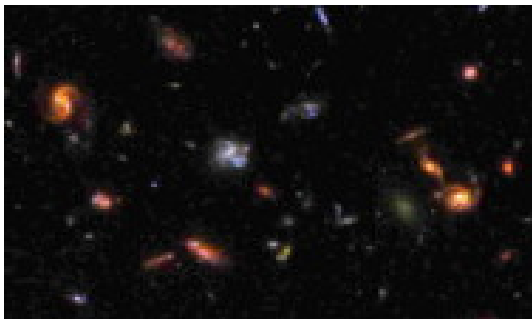
Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



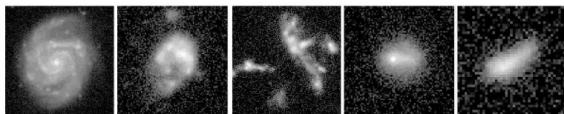
Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



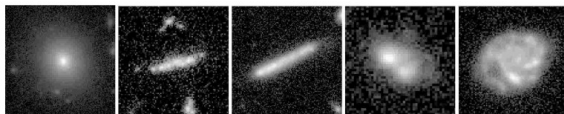
spiral
(0.59)

clump clusters
(1.26)

(1.46)

tadpoles
(0.53)

(0.99)



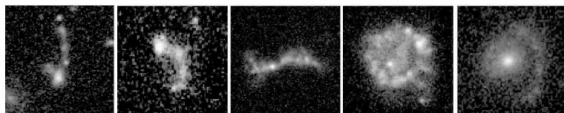
elliptical
(0.66)

chains
(3.34)

(0.69)

double
(3.35)

spiral
(0.99)



bent chains
(1.01)

(1.15)

merger
(1.01)

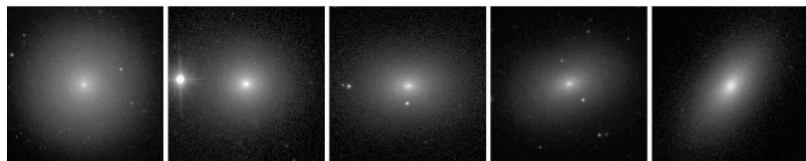
ring
(0.70)

part. ring
(0.42)

esféroides	discos
dispersión de velocidades (cinemáticamente “calientes”)	rotación (cinemáticamente “fríos”)
colores rojos	colores azules
pob. estelares viejas	p. e. compuestas (viejas + jóvenes)
SFR fuertemente decreciente (SFR actual baja)	SFR \sim decreciente o constante (SFR actual alta)
<i>abundancias altas</i>	abundancias bajas
poco gas y polvo	cantidad alta de gas y polvo
<i>estructura compacta</i>	estructura extendida
elípticas → lenticulares	→ espirales → irregulares

Clasificación morfológica

Elípticas



E0

E2

E3

E4

E5



E⁺0

E⁺2

E⁺3

E⁺4

E⁺7

Galaxias elípticas

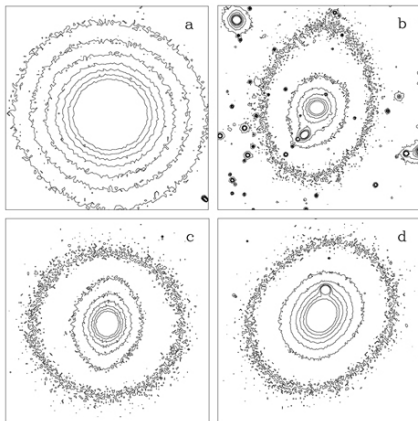
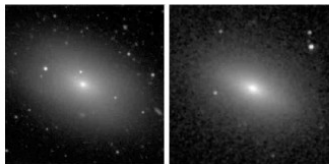


Fig 6.1 (R. de Jong) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

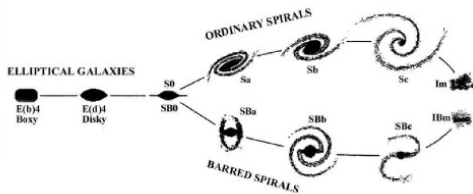
Clasificación morfológica

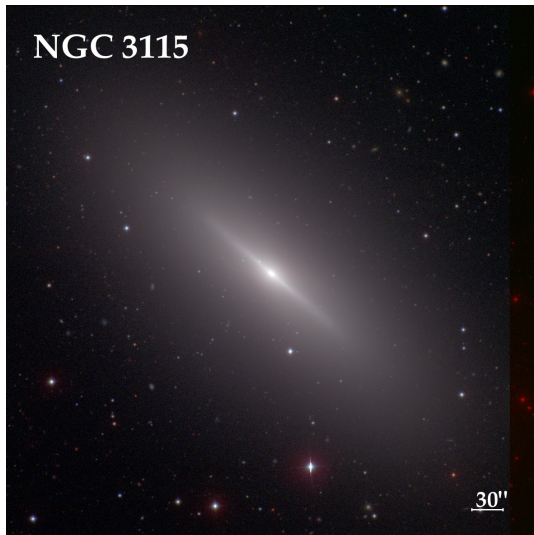
Elípticas *boxy* y *disky*



E(b)5

E(d)5



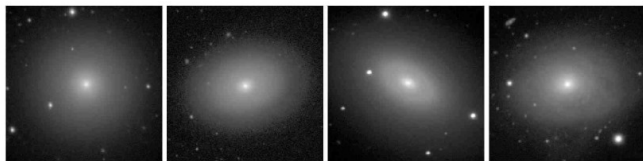


Galaxia NGC 3115 ($d=10.1$ Mpc). Imagen en falso color del Carnegie-Irvine Galaxy Survey (CGS).

$$\lambda_R = \frac{\langle R|V| \rangle}{\langle R \sqrt{(V^2 + \sigma^2)} \rangle}$$

Clasificación morfológica

Lenticulares

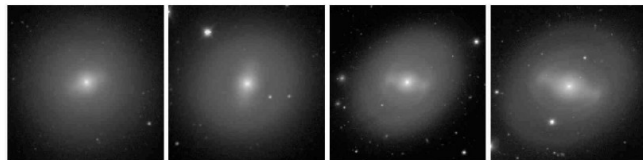


SA0⁻

SA0⁰

SA0⁺

SA0/a



SB0⁻

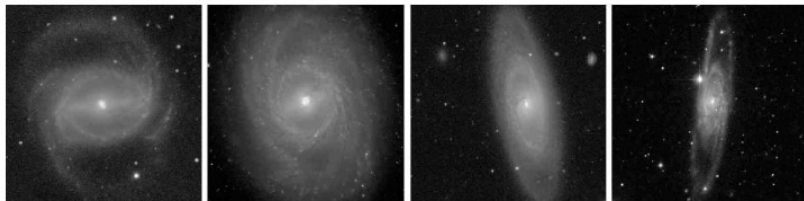
SB0⁰

SB0⁺

SB0/a

Clasificación morfológica

Inclinación



33°

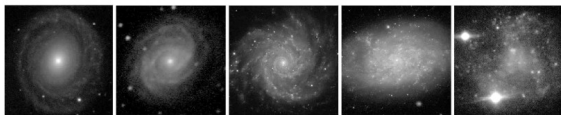
49°

71°

81°

Clasificación morfológica

Espirales



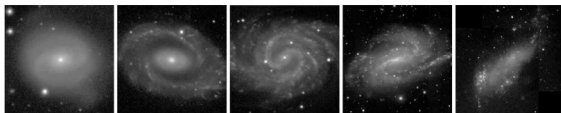
SAa

SAb

SAc

SAd

SAm



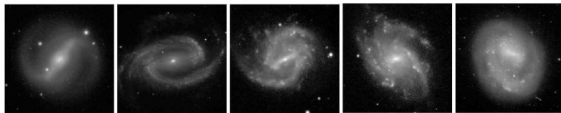
SAbA

SAbB

SAbC

SAbD

SAbM



SBa

SBb

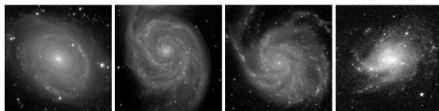
SBc

SBd

SBm

Clasificación morfológica

Espirales (clases intermedias)

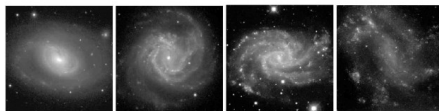


SAab

SABbc

SACd

SAdm

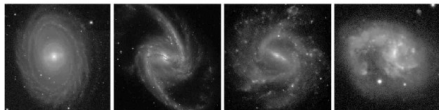


SABab

SABbc

SABcd

SABdm



SBab

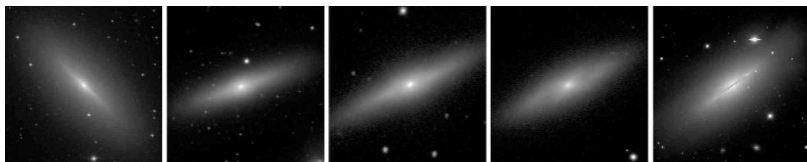
SBbc

SBcd

SBdm

Clasificación morfológica

Espirales y lenticulares (de canto): “Spindle” o “Edge-on”



E⁺7/S0⁻

S0⁻

S0⁰

S0⁺

S0/a



Sa

Sab

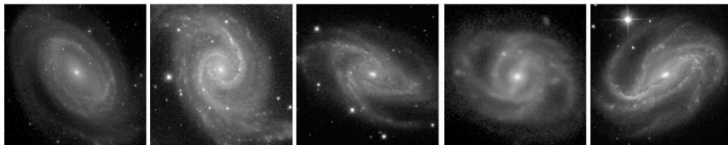
Sb

Sc

Sd

Clasificación morfológica

Espirales según nro. de brazos y otros tipos



m=1

m=2

m=3

m=4

m=5



grand
design

flocculent

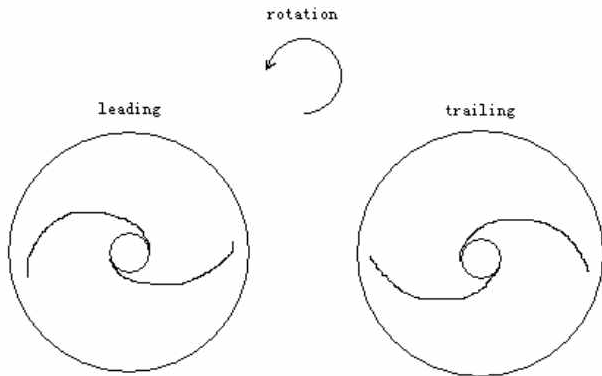
counter-
winding
SA

counter-
winding
SB

anemic

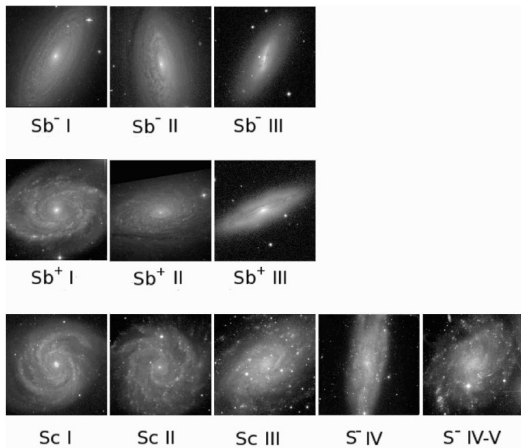
Clasificación morfológica

Espirales según la orientación de sus brazos



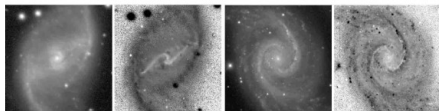
Clasificación morfológica

Clases de luminosidad



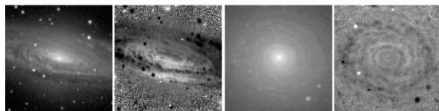
Clasificación morfológica

Bandas de polvo



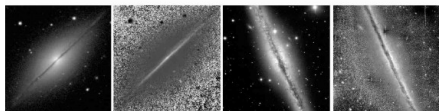
bar dust lanes

spiral arm dust lanes



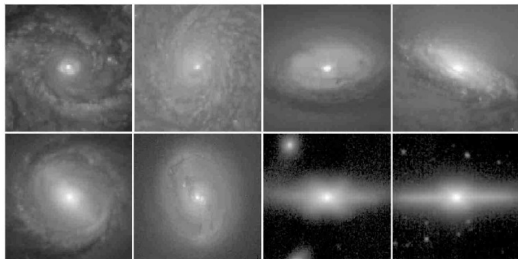
near-side dust lanes

dust ring

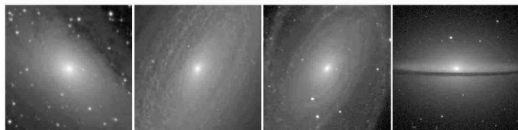


red planar dust lane

blue planar dust lane



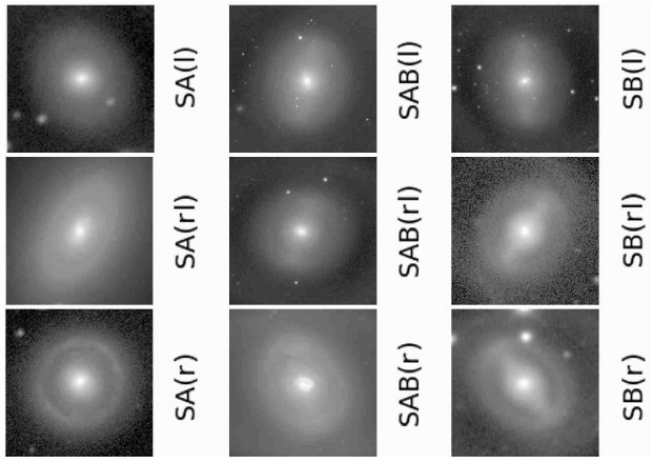
"pseudobulges"



"classical bulges"

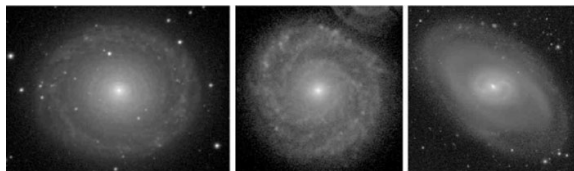
Otras componentes

Anillos y lentes internas



Otras componentes

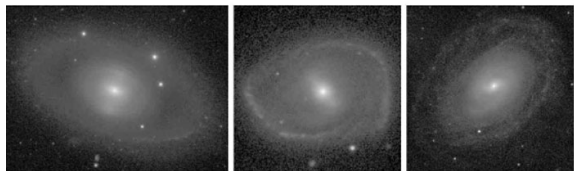
Anillos externos



(R)SA

(R')SA

(RR)SAB



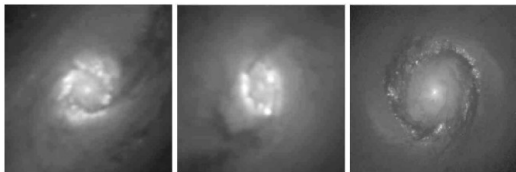
(R)SB

(R')SB

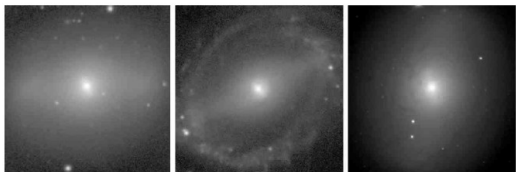
(R')SAB

Otras componentes

Anillos y barras nucleares



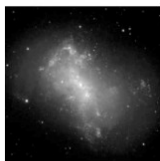
nuclear rings (nr)



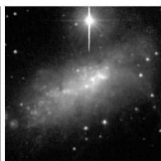
nuclear bars (nb)

Clasificación morfológica

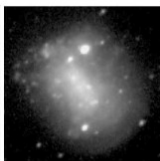
Irregulares



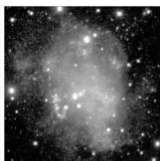
IB(s)m



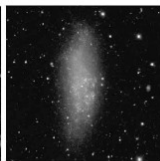
IB(s)m



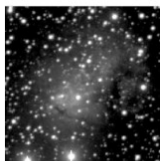
IB(s)m



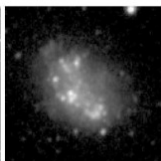
IAB(s)m



IAB(s)m



Im



Im



Im



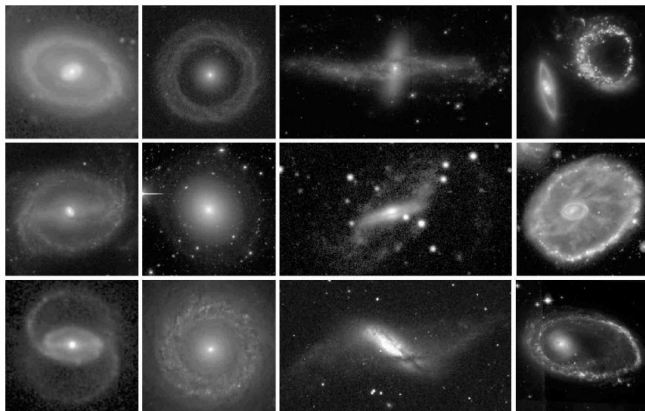
I0 pec



I0 pec

Clasificación morfológica

Anillos



resonance

accretion

polar

collisional

Clasificación morfológica

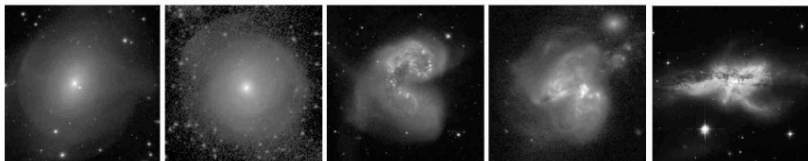
Interactuantes



dust-lane ellipticals

tidal tails/bridges

M51-type



shell/ripple galaxies

ongoing and advanced mergers

Clasificación morfológica

Warps



Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

- 1 Clasificación morfológica
- 2 Clasificación cuantitativa**
- 3 Distribuciones espectrales de la emisión de energía
- 4 Distribuciones de brillo superficial
- 5 La corrección K
- 6 Función de luminosidad

Clasificación cuantitativa

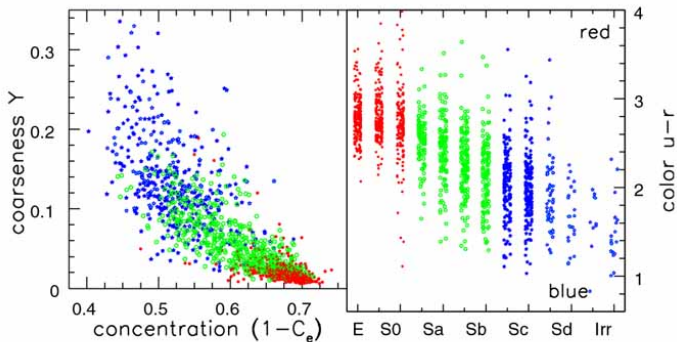
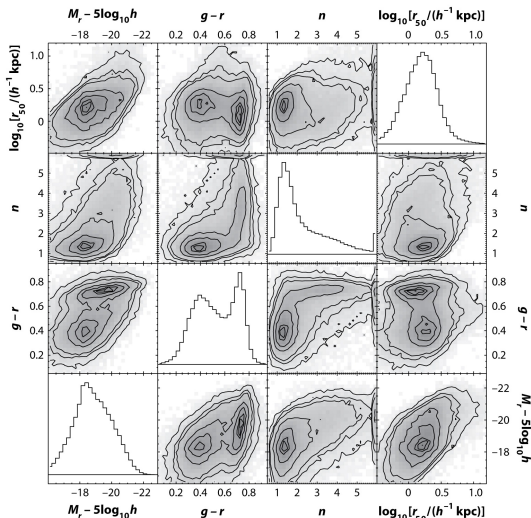



Fig 5.25 (C. Yamauchi) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

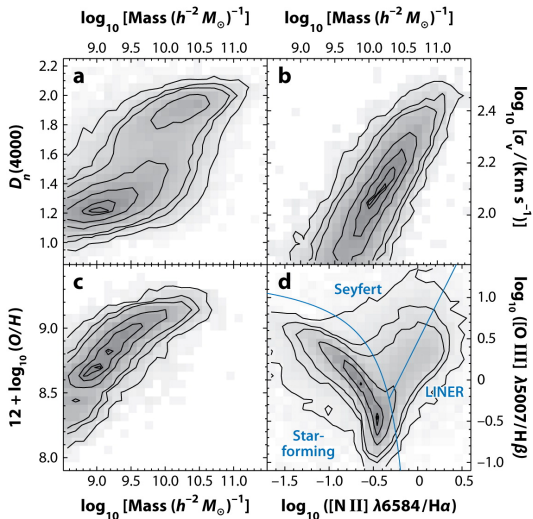
Propiedades globales




 Blanton MR, Moustakas J. 2009.
Annu. Rev. Astron. Astrophys. 47:159–210

(Blanton & Moustakas, 2009)

Propiedades globales

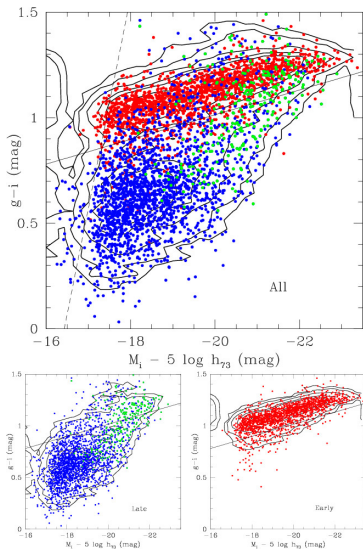


 Blanton MR, Moustakas J. 2009.
Annu. Rev. Astron. Astrophys. 47:159–210

(Blanton & Moustakas, 2009)

Propiedades globales

Relación color-magnitud

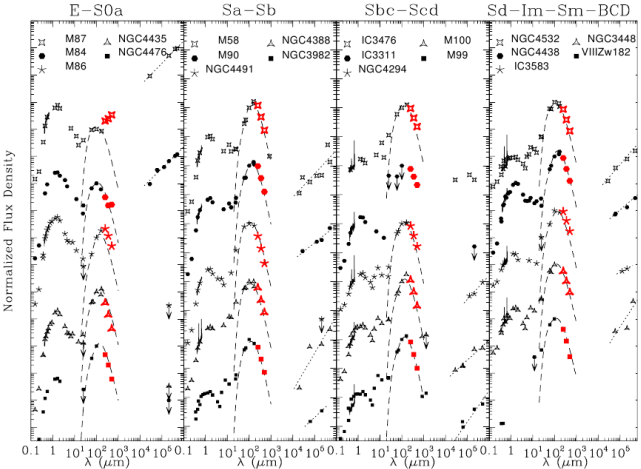


(Gavazzi et al., 2010)

Galaxias pertenecientes a la "Gran Pared". La misma es una estructura que incluye a Coma y A1367 (cúmulos muy masivos), varios grupos, y muchas estructuras filamentosarias, a una distancia de 100 Mpc de la MW. Los puntos rojos son galaxias dE-E-S0-S0a, los azules son Sbc-Im-BCD, y los verdes Sa-Sb. En el panel inferior se muestran las galaxias de tipo temprano y tardío por separado.

Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

- 1 Clasificación morfológica
- 2 Clasificación cuantitativa
- 3 Distribuciones espectrales de la emisión de energía**
- 4 Distribuciones de brillo superficial
- 5 La corrección K
- 6 Función de luminosidad



Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

- 1 Clasificación morfológica
- 2 Clasificación cuantitativa
- 3 Distribuciones espectrales de la emisión de energía
- 4 Distribuciones de brillo superficial**
- 5 La corrección K
- 6 Función de luminosidad

Brillo superficial del cielo nocturno

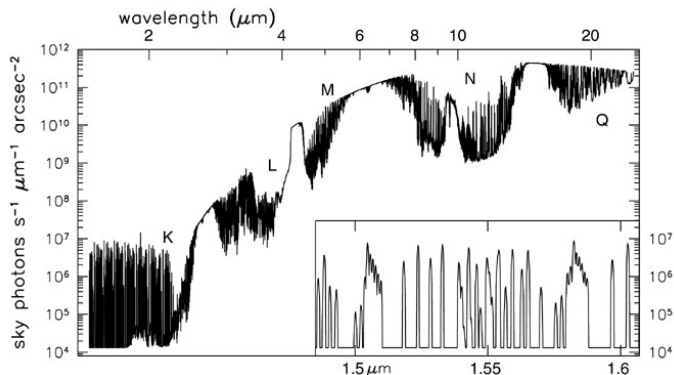


Fig 1.15 (Gemini) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

Brillo superficial del cielo nocturno

Valores en mag arcsec^{-2} para distintas bandas fotométricas

Banda	λ	Desde el espacio	Cielo oscuro	Luna llena
	1500 Å	25.0	—	—
	2000 Å	26.0	—	—
	2500 Å	25.6	—	—
<i>U</i>	3700 Å	23.2	22.0	—
<i>B</i>	4400 Å	23.4	22.7	19.4
<i>V</i>	5500 Å	22.7	21.8	19.7
<i>R</i>	6400 Å	22.2	20.9	19.9
<i>I</i>	8000 Å	22.2	19.9	19.2
<i>J</i>	1.2 μm	20.7	15.0	15.0
<i>H</i>	1.6 μm	20.9	13.7	13.7
<i>K</i>	2.2 μm	21.3	12.5	12.5
<i>K'</i>	2.2 μm	21.3	13.7	13.7

$$I(r) = I_e e^{-b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]}$$

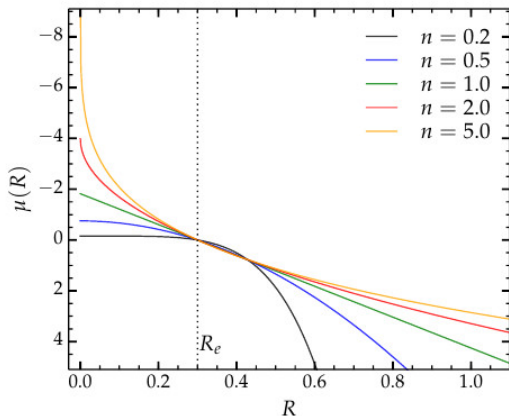
$$\mu(r) = \mu_e + 1.0857 b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right].$$

$$I(r) = I_e e^{-b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]}$$

$$\mu(r) = \mu_e + 1.0857 b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right].$$

Ajuste de perfiles

El parámetro n de la Ley de Sérsic



Perfiles de Sérsic para diferentes valores de n . Todos los periles fueron construidos con los mismos valores de μ_e y r_e (línea punteada) - Ciambur B., 2016, PASA, 33, 62C.

Flujo total:

$$F = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} e^{b_n} I_e n \Gamma(2n)$$

donde $\Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1} dt$ es la función Gamma.

Flujo en función del radio:

$$F(r) = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{b_n} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right)$$

donde $\gamma(a, z) = \int_0^z e^{-t} t^{a-1} dt$ es la función Gamma Incompleta.

Flujo total:

$$F = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} e^{b_n} I_e n \Gamma(2n)$$

donde $\Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1} dt$ es la función Gamma.

Flujo en función del radio:

$$F(r) = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{b_n} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right)$$

donde $\gamma(a, z) = \int_0^z e^{-t} t^{a-1} dt$ es la función Gamma Incompleta.

Ley de de *Vaucouleurs* (n=4)

$$I(r) = I_e e^{-7.67 \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right]}$$

Ley Exponencial (n=1)

$$I(r) = I_0 e^{-\left(\frac{r}{r_0} \right)}$$

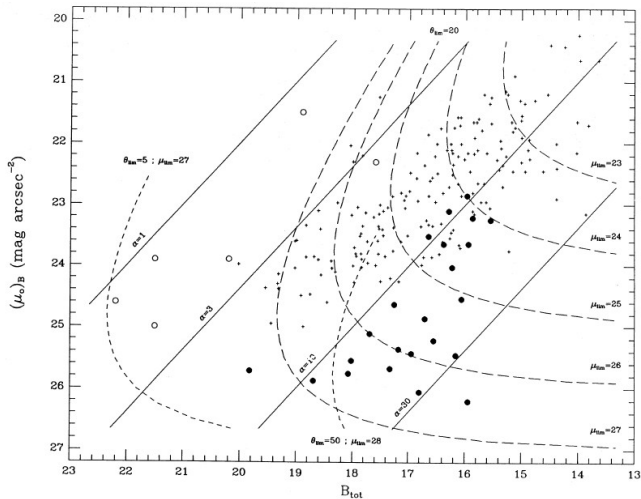
Ley de *de Vaucouleurs* (n=4)

$$I(r) = I_e e^{-7.67 \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{4}} - 1 \right]}$$

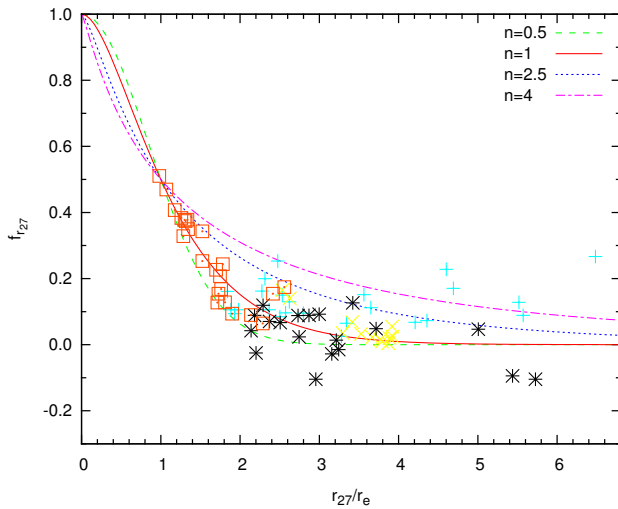
Ley Exponencial (n=1)

$$I(r) = I_0 e^{-\left(\frac{r}{r_0} \right)}$$

Relación brillo superficial - magnitud integrada



Perfil truncado



Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

- 1 Clasificación morfológica
- 2 Clasificación cuantitativa
- 3 Distribuciones espectrales de la emisión de energía
- 4 Distribuciones de brillo superficial
- 5 La corrección K**
- 6 Función de luminosidad

$E(\lambda, t)$: luminosidad monocromática emitida en el marco de referencia de la fuente.

F_{λ_0} : flujo observado dentro de la banda con long. de onda efectiva λ_0 .

t_e : instante en el que se emitió la luz.

t_0 : instante de la observación ($t_0 > t_e$).

$S(\lambda)$: función de transmisión del filtro + detector.

d_L : distancia de luminosidad, depende del modelo de Universo adoptado.

$$\begin{aligned}
 m_{\lambda_0} = & M(\lambda_0, t_0) + 5 \log(d_L) + \text{cte}' + \\
 & \left[2.5 \log(1 + z) + 2.5 \log \left(\frac{\int_0^\infty E(\lambda, t_0) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda} \right) \right] + \\
 & + 2.5 \log \left(\frac{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_e\right) S(\lambda) d\lambda} \right)
 \end{aligned}$$

Cap. 3: Propiedades generales de las galaxias

- 1 Clasificación morfológica
- 2 Clasificación cuantitativa
- 3 Distribuciones espectrales de la emisión de energía
- 4 Distribuciones de brillo superficial
- 5 La corrección K
- 6 Función de luminosidad**

Función de Schechter

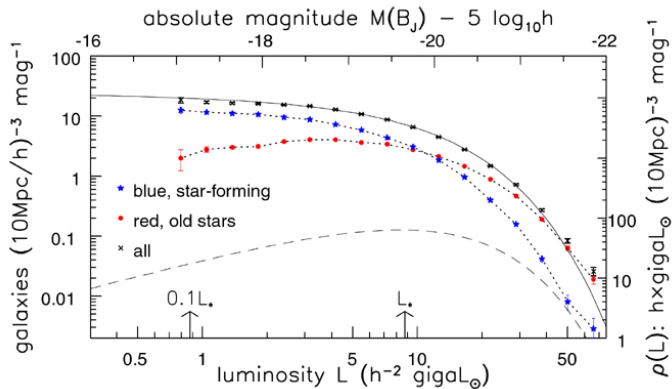


Fig 1.16 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

Función de Luminosidad

La función de Luminosidad para los distintos tipos de Hubble

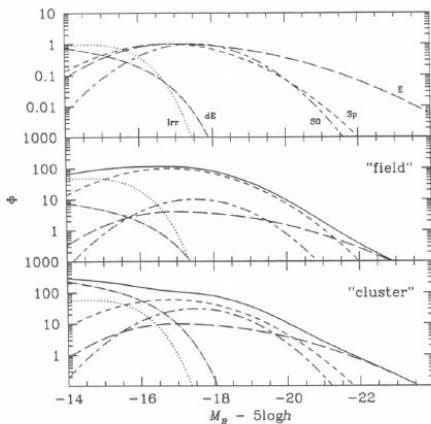


Figure 4.14 Luminosity functions for galaxies of various morphological types. The top panel shows The separate functions at arbitrary normalization, while the lower panels show approximately how these components combine to produce the total luminosity function in the field and in clusters.

La función de luminosidad de las galaxias Irr y dE, se describen muy bien con una función de Schechter (al igual que la población total). Por su parte, las Sa a Sc, las S0 y las E se describen mejor con funciones gaussianas. Se puede apreciar además, la relación entre el ambiente y la morfología de las galaxias.

- *Galaxies in the Universe: An Introduction*,
Linda S. Sparke & John S. Gallagher III (Cambridge
University Press, 2nd. Edition, 2000).
- *Galactic Astronomy*,
J. Binney & M. Merrifield (Princeton University Press,
1998).
- *Galaxy Morphology*,
Ronald J. Buta, 2011. Planets, Stars, and Stellar Systems,
Vol. 6
- *K and evolutionary corrections from UV to IR*,
Poggianti 1997, A&AS, 122, 399