

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

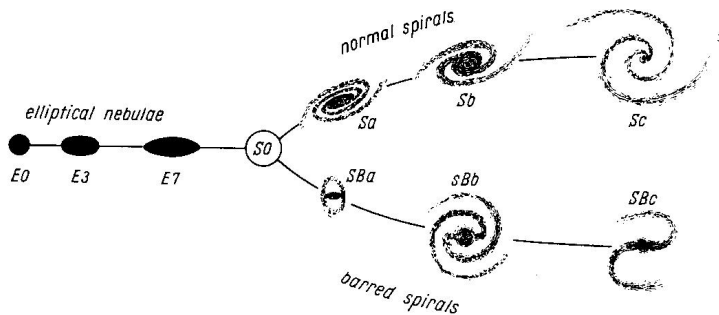
Clasificación morfológica

Lord Parson: los orígenes



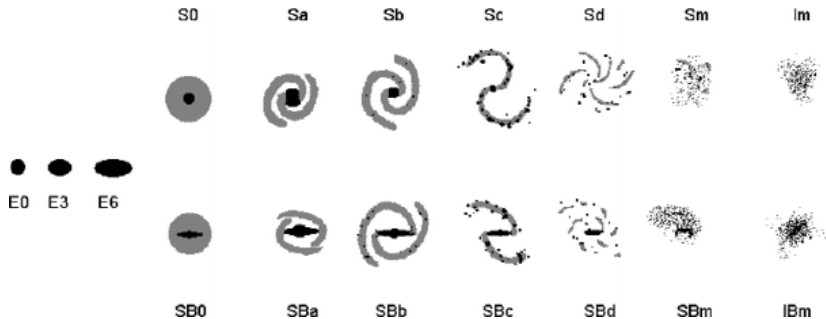
Clasificación morfológica

Hubble (*tuning fork*)



Clasificación morfológica

Hubble extendida



Clasificación morfológica

Sloan Digital Sky Survey (SDSS)



E



S0



Sa

Clasificación morfológica

Sloan Digital Sky Survey (SDSS)



Sa



Sb



Sc

Clasificación morfológica

Galaxias luminosas



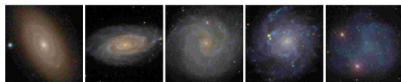
E2

S0⁻

S0⁰

S0⁺

S0/a



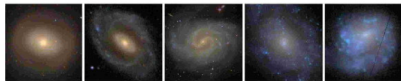
SAa

SAb

SAc

SAd

SAm



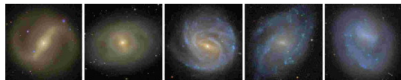
SABa

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

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

Se requieren observaciones profundas, de muy alta resolución espacial. Hubo varios intentos:

- The Hubble deep field north
- The Hubble deep field south
- The Hubble ultra-deep field
- The GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey)
- Galaxy Evolution From Morphology and Seds (GEMS)
- COSMOS (Cosmic Evolution Survey)
- etc.

Parece haber una creciente cantidad de galaxias irregulares azules a medida que crece z .

Las dificultades de estos estudios:

- estimación de distancias
- A medida que crece z , menos píxeles disponibles para clasificar cada objeto.
- el corrimiento al rojo cosmológico

Se requieren observaciones profundas, de muy alta resolución espacial. Hubo varios intentos:

- The Hubble deep field north
- The Hubble deep field south
- The Hubble ultra-deep field
- The GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey)
- Galaxy Evolution From Morphology and Seds (GEMS)
- COSMOS (Cosmic Evolution Survey)
- etc.

Parece haber una creciente cantidad de galaxias irregulares azules a medida que crece z .

Las dificultades de estos estudios:

- estimación de distancias
- A medida que crece z , menos píxeles disponibles para clasificar cada objeto.
- el corrimiento al rojo cosmológico

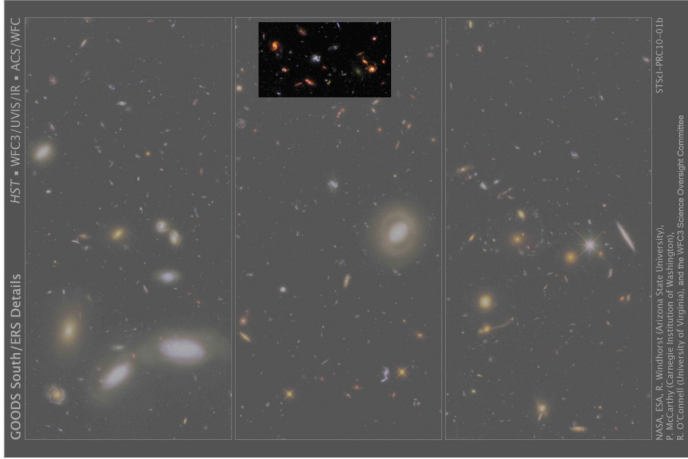
Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



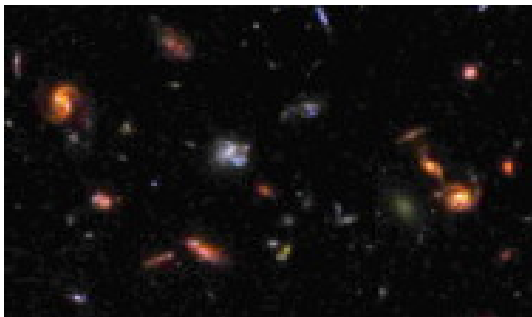
Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



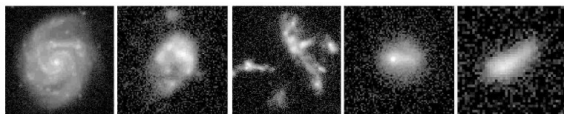
Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



Clasificación morfológica

Galaxias a alto z



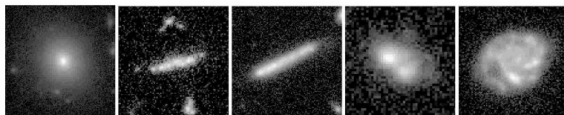
spiral
(0.59)

clump clusters
(1.26)

(1.46)

tadpoles
(0.53)

(0.99)



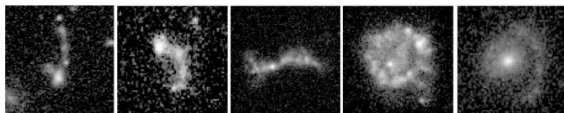
elliptical
(0.66)

chains
(3.34)

(0.69)

double
(3.35)

spiral
(0.99)



bent chains
(1.01)

(1.15)

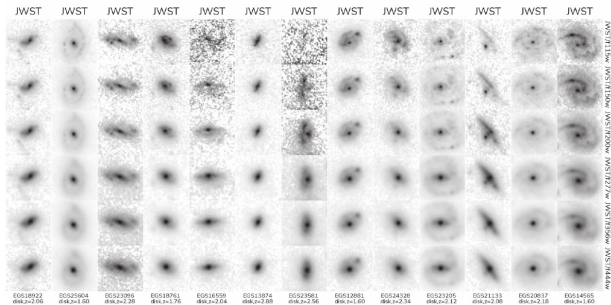
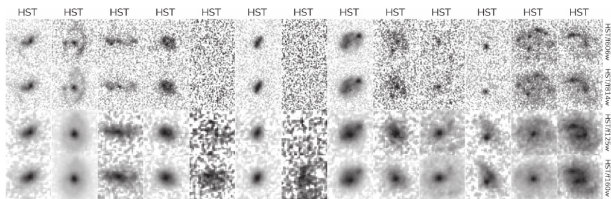
merger
(1.01)

ring
(0.70)

part. ring
(0.42)

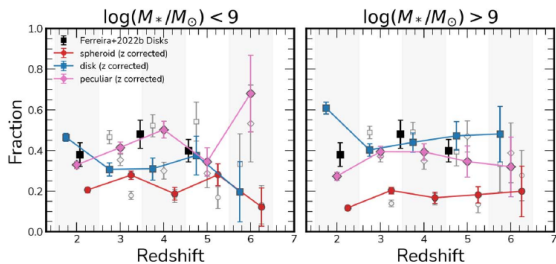
Clasificación morfológica con JWST

Galaxias a alto z



Clasificación morfológica con JWST

Galaxias a alto z



Clasificación morfológica

Elípticas



E0

E2

E3

E4

E5



E⁺0

E⁺2

E⁺3

E⁺4

E⁺7

Galaxias elípticas

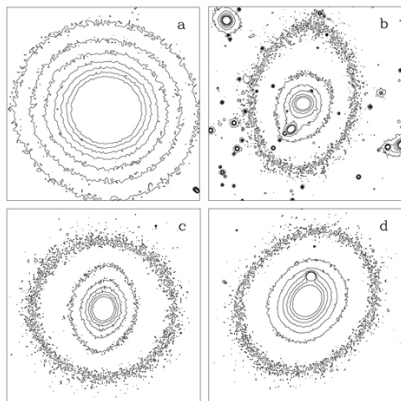


Fig 6.1 (R. de Jong) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

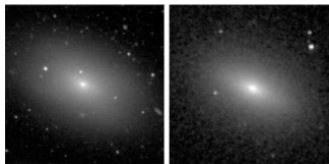
elipticidad: $\epsilon = 1 - \frac{b}{a}$

La secuencia de Hubble clasifica las elípticas según En , con $n = 10\epsilon = 10 \times (1 - \frac{b}{a})$ (entero).

Elípticas *boxy* - elípticas *disky*
(Kormendy & Bender, 1996).

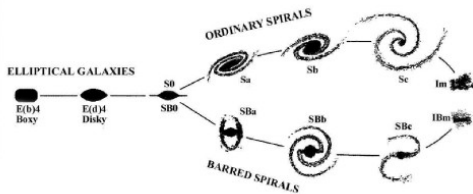
Clasificación morfológica

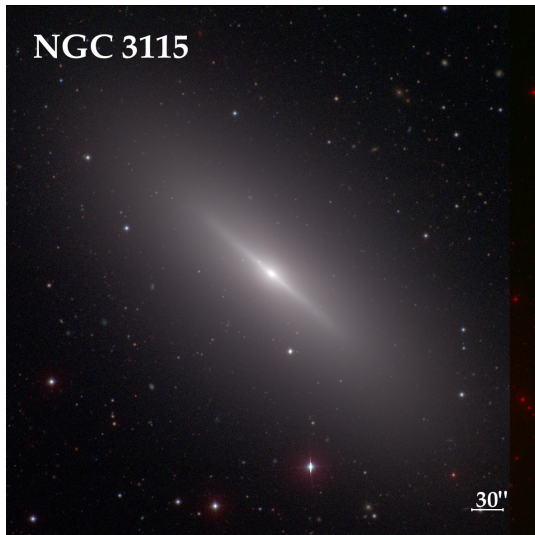
Elípticas *boxy* y *disky*



E(b)5

E(d)5



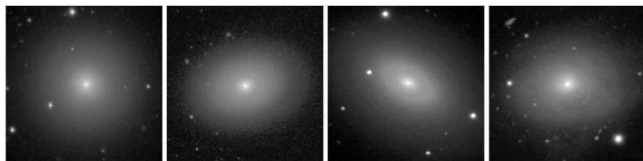


Galaxia NGC 3115 ($d=10.1$ Mpc). Imagen en falso color del Carnegie-Irvine Galaxy Survey (CGS).

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

Clasificación morfológica

Lenticulares

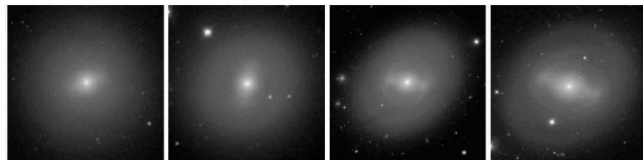


SA0⁻

SA0[°]

SA0⁺

SA0/a



SB0⁻

SB0[°]

SB0⁺

SB0/a

Espirales barradas: aproximadamente la mitad de las S son barradas (SB).

Subtipos básicos de S: Sa - Sb - Sc - Sd - Sm en base a 3 criterios:

relación bulbo/disco: Sa (B/D grande) → Sc (B/D chico) → Sm (B/D= 0)

grado de apretamiento de los brazos espirales: Sa (apretados) → Sc (suelos) → Sm (brazos apenas sugeridos)

grado de resolución de los brazos espirales (en reg. HII y zonas de form. estelar individuales): Sa (menos resueltos) → Sc (más resueltos) → Sm (fragmentados).

Espirales barradas: aproximadamente la mitad de las S son barradas (SB).

Subtipos básicos de S: Sa - Sb - Sc - Sd - Sm en base a 3 criterios:

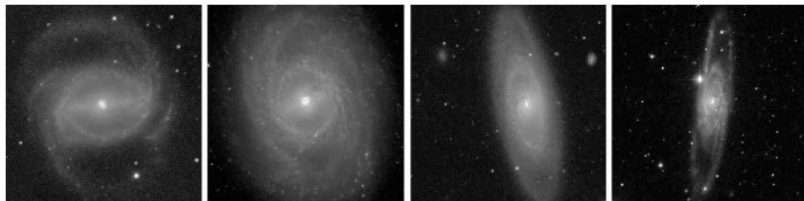
relación bulbo/disco: Sa (B/D grande) → Sc (B/D chico) → Sm (B/D= 0)

grado de apretamiento de los brazos espirales: Sa (apretados) → Sc (suelos) → Sm (brazos apenas sugeridos)

grado de resolución de los brazos espirales (en reg. HII y zonas de form. estelar individuales): Sa (menos resueltos) → Sc (más resueltos) → Sm (fragmentados).

Clasificación morfológica

Espirales: inclinación



33°

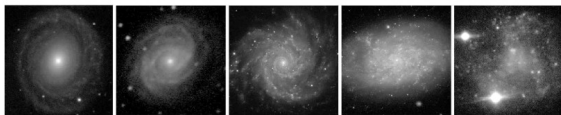
49°

71°

81°

Clasificación morfológica

Espirales: familia, clases o etapas



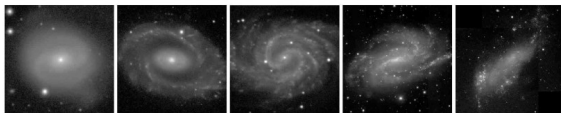
SAa

SAb

SAc

SAd

SAm



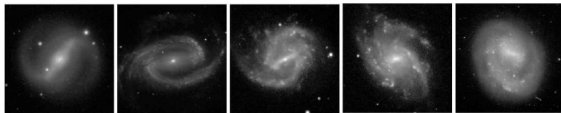
SABa

SABb

SABc

SABd

SABm



SBa

SBb

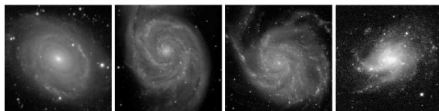
SBc

SBd

SBm

Clasificación morfológica

Espirales (clases intermedias)

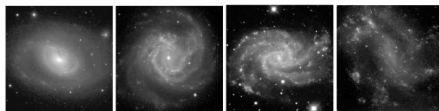


SAab

SAbc

SACd

SAdm

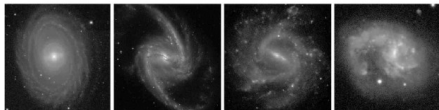


SABab

SABbc

SABcd

SABdm



SBab

SBbc

SBcd

SBdm

Clasificación morfológica

Espirales (algunas variedades)

- (r): Presenta un anillo interno muy claro. Por ejemplo SA(r) (NGC 7187) y SB(r) (ESO 426-2).
- (s): Los brazos espirales surgen directamente de la zona central de la galaxia o de la barra (si existe). Ejemplos: SA(s) y SB(s)b
- (rs): Presenta anillo interno roto o en tramos. Se da en galaxias donde los brazos rodean la barra y bulbo central.

Clasificación morfológica

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



E⁺7/S0⁻

S0⁻

S0⁰

S0⁺

S0/a



Sa

Sab

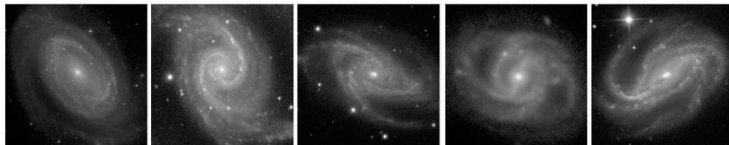
Sb

Sc

Sd

Clasificación morfológica

Espirales según nro. de brazos y otros tipos



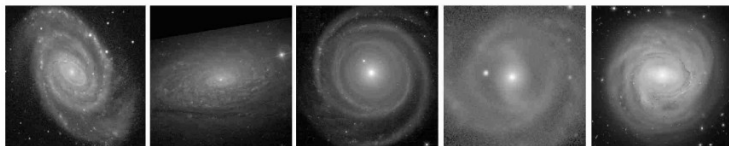
m=1

m=2

m=3

m=4

m=5



grand
design

flocculent

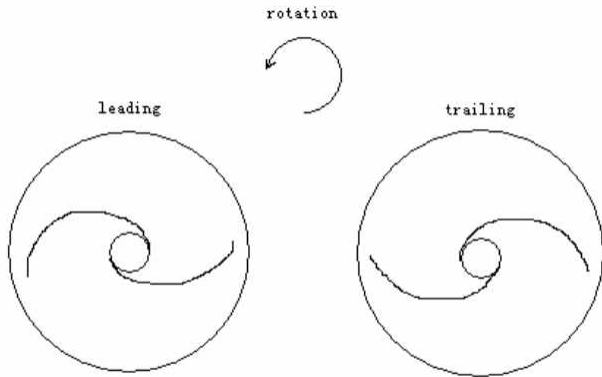
counter-
winding
SA

counter-
winding
SB

anemic

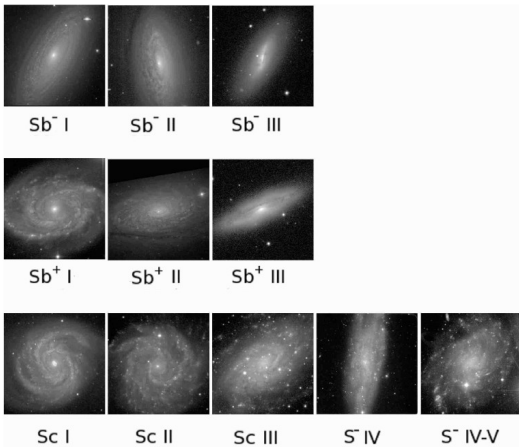
Clasificación morfológica

Espirales según la orientación de sus brazos



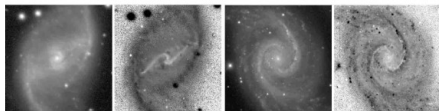
Clasificación morfológica

Clases de luminosidad



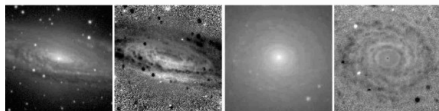
Clasificación morfológica

Bandas de polvo



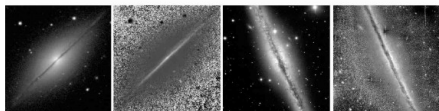
bar dust lanes

spiral arm dust lanes



near-side dust lanes

dust ring

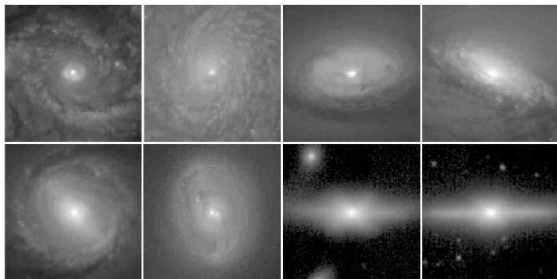


red planar dust lane

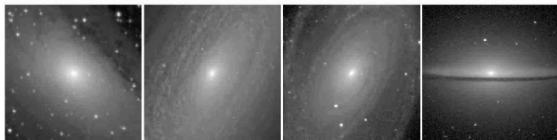
blue planar dust lane

Clasificación morfológica

Bulbos (S0 y S)



"pseudobulges"



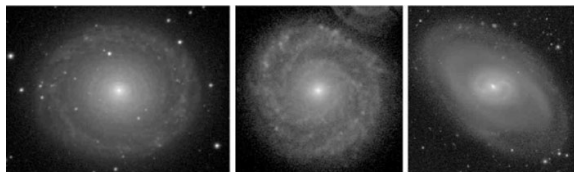
"classical bulges"

Kormendy &
Kennicutt (2004)

Laurikainen et al.
(2007)

Otras componentes

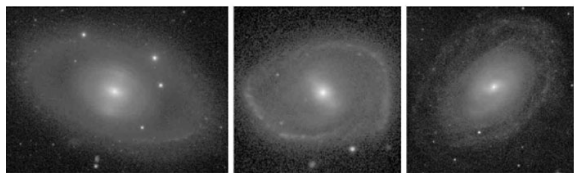
Anillos externos (S0 y S)



(R)SA

(R')SA

(RR)SAB



(R)SB

(R')SB

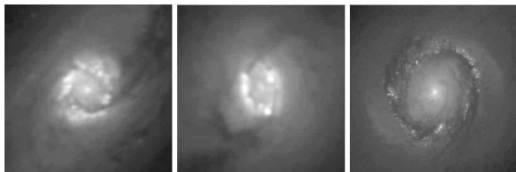
(R')SAB

- **(RR)**: se observa doble anillo externo (NGC 2273).
- **(R')**: espirales tardías donde los brazos espirales externos forman un pseudoanillo (NGC 1358 y NGC 1371).

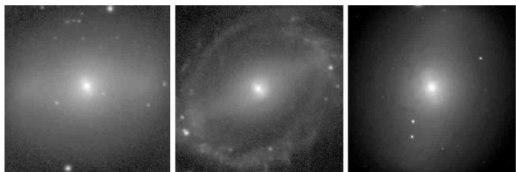
Fenómeno relacionado a la dinámica interna (resonancias).

Otras componentes

Anillos y barras nucleares



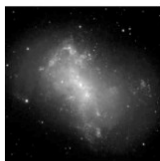
nuclear rings (nr)



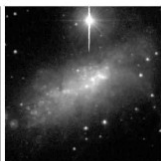
nuclear bars (nb)

Clasificación morfológica

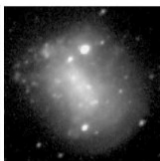
Irregulares



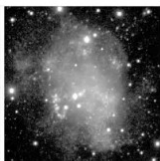
IB(s)m



IB(s)m



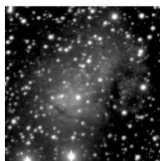
IB(s)m



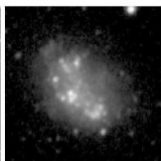
IAB(s)m



IAB(s)m



Im



Im



Im



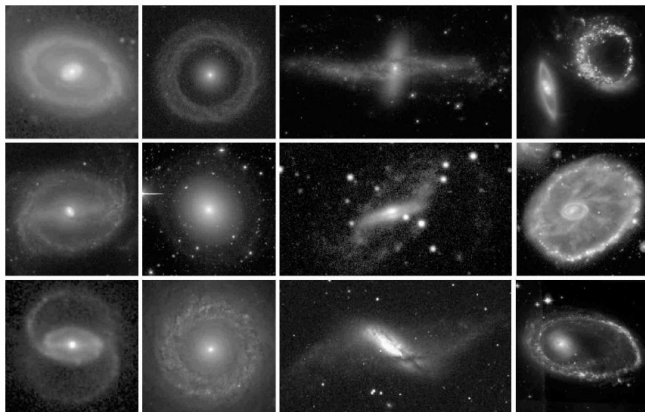
I0 pec



I0 pec

Clasificación morfológica

Anillos



resonance

accretion

polar

collisional

Clasificación morfológica

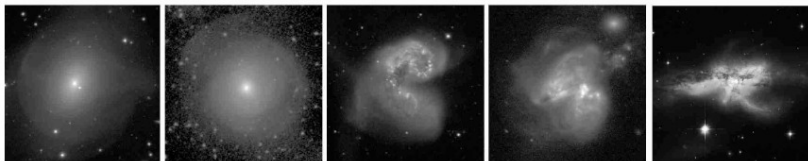
Interactuantes



dust-lane ellipticals

tidal tails/bridges

M51-type



shell/ripple galaxies

ongoing and advanced mergers

Taylor-Mager et al. (2007) propusieron clasificar las fusiones en progreso, o avanzadas, de la siguiente manera:

- **(PM)**: pre-fusión.
- **(mM)**: fusión menor.
- **(M)**: fusión mayor.
- **(MR)**: remanente de una fusión.

Clasificación morfológica

Warps



Tabla 5.2: Clasificación de de Vaucouleours

Tipo	E	E ⁺	SO ⁻	SO ⁰	SO ⁺	SO/a	Sa	Sab	Sb	Sbc	Sc	Scd	Sd	Sdm	Sm	Im
T	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

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

- índices de color,
- relación bulbo/disco (B/D),
- índice de Sérsic,
- $D(4000)$,
- dispersión de velocidades,
- índices espectrales,
- $\mathcal{M}_{\text{HI}}/\mathcal{L}_B$,
- etc.

Clasificación cuantitativa

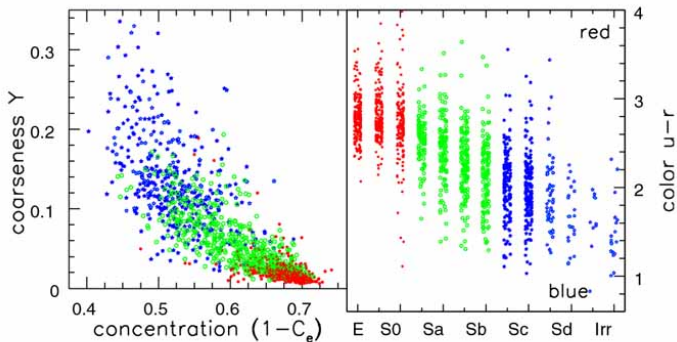
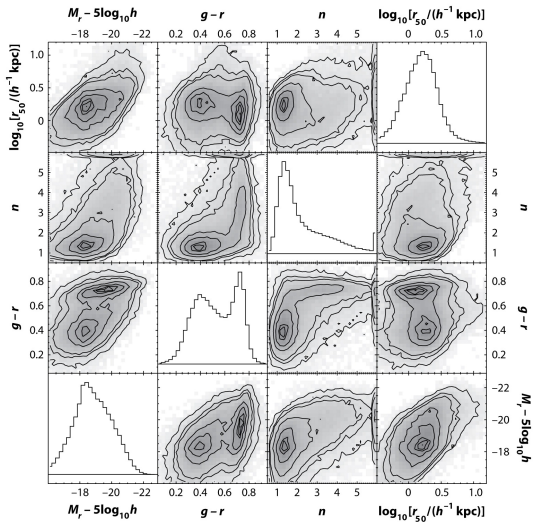



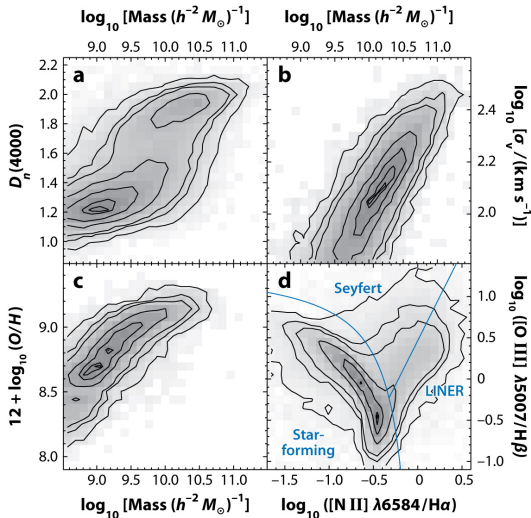
Fig 5.25 (C. Yamauchi) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

Propiedades globales



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

Propiedades globales

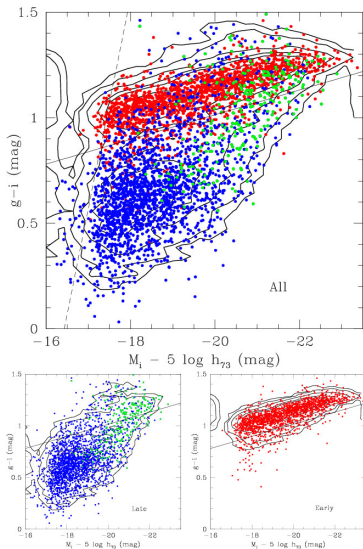


Blanton MR, Moustakas J. 2009.

Annu. Rev. Astron. Astrophys. 47:159–210

Propiedades globales

Relación color-magnitud

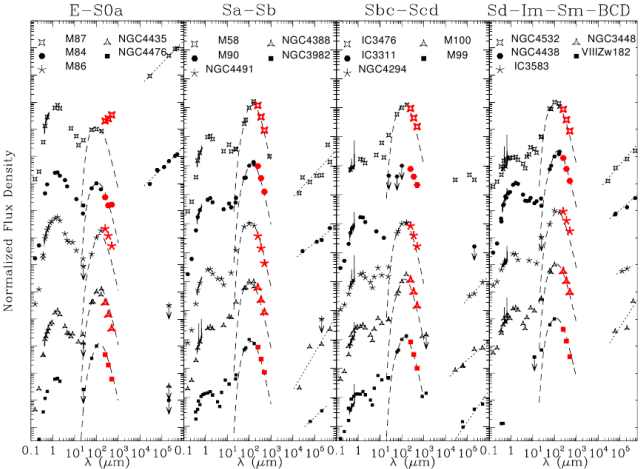


(Gavazzi et al., 2010)

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



Galaxias con SEDs peculiares:

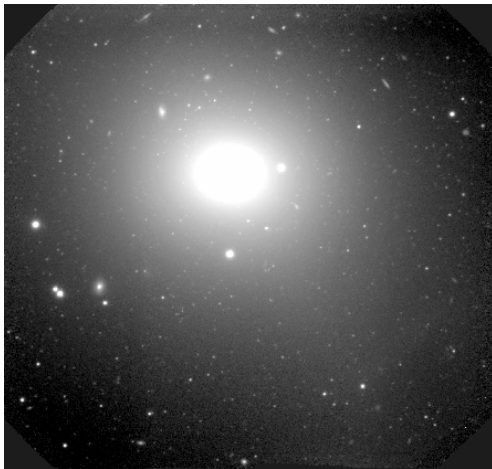
- galaxias activas (AGN)
- Galaxias *starburst*
- Galaxias ultraluminosas en el infrarrojo (ULIRG)

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

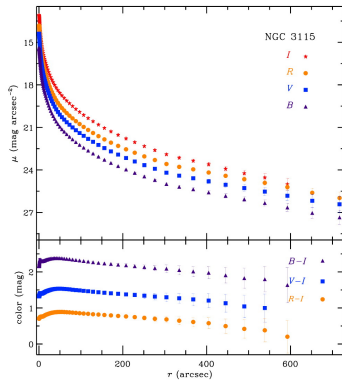
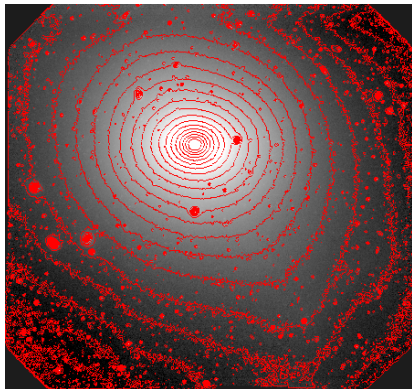
Brillo superficial

distribución de brillo superficial (bidimensional)

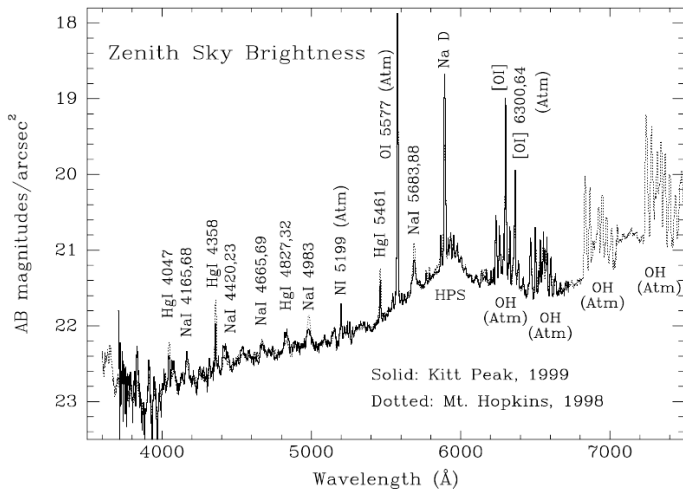


Brillo superficial

Perfil de brillo superficial (SBP)



Brillo superficial del cielo nocturno



Brillo superficial del cielo nocturno

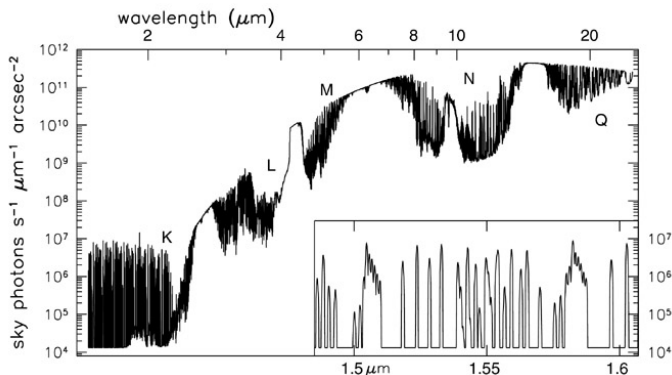


Fig 1.15 (Gemini) 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

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

- **Luminosidad:** Es la energía por unidad de tiempo emitida por un objeto.
- **Flujo:** cantidad de energía que atraviesa una superficie, por unidad de tiempo y por unidad de área.
- **Intensidad o brillo superficial (SB):** es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido en la imagen.
- **Isofota:** Curva cerrada simple sobre la imagen proyectada de una galaxia, de intensidad (o brillo superficial) constante.

- **Luminosidad:** Es la energía por unidad de tiempo emitida por un objeto.
- **Flujo:** cantidad de energía que atraviesa una superficie, por unidad de tiempo y por unidad de área.
- **Intensidad o brillo superficial (SB):** es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido en la imagen.
- **Isofota:** Curva cerrada simple sobre la imagen proyectada de una galaxia, de intensidad (o brillo superficial) constante.

- a** : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.
- b : Semieje menor de una isofota dada.
- ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$
- r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.
- $I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

a : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.

b : Semieje menor de una isofota dada.

ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$

r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.

$I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

a : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.

b : Semieje menor de una isofota dada.

ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$

r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.

$I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

a : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.

b : Semieje menor de una isofota dada.

ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$

r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.

$I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

a : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.

b : Semieje menor de una isofota dada.

ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$

r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.

$I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).

$\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

- a : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.
- b : Semieje menor de una isofota dada.
- ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$
- r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.
- $I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

- a : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.
- b : Semieje menor de una isofota dada.
- ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$
- r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.
- $I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

- a : Semieje mayor (SMA) de una isofota dada.
- b : Semieje menor de una isofota dada.
- ϵ : Elipticidad. $\epsilon = 1 - b/a$
- r : Radio equivalente. $r = a \sqrt{b/a} = a \sqrt{1 - \epsilon}$.
- $I(a)$: SB de la isofota de SMA a , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $I(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en unidades de flujo / ángulo sólido (ej.: e^-/pix^2 o adu/pix^2).
- $\mu(r)$: SB de la isofota de radio equivalente r , en magnitudes / ángulo sólido (normalmente: $\text{mag}/\text{arcsec}^2$).

$$\mu(r) = C_0 - 2.5 \log \frac{I(r)}{t_{\text{exp}} E^2}, \quad (1)$$

r_e : Radio efectivo. Es el radio de la isofota que encierra la mitad del flujo integrado.

$I(r_e) = I_e$: SB de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

μ_e : Idem, en mag/arcsec².

$\langle I(r_e) \rangle = \langle I_e \rangle$: SB promedio **dentro** de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

$\langle \mu_e \rangle$: Idem, en mag/arcsec².

r_{25} : Radio de la isofota de $\mu_B = 25$ mag/arcsec². En general, r_{XX} será el radio de la isofota de $\mu = XX$ mag/arcsec² en una banda determinada.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si F es el flujo integrado:

$$\langle I_e \rangle = \frac{F/2}{\pi r_e^2} = \frac{F}{2\pi r_e^2}; \quad \langle \mu_e \rangle = m + 2.5 \log(2\pi r_e^2) \quad (2)$$

r_e : Radio efectivo. Es el radio de la isofota que encierra la mitad del flujo integrado.

$I(r_e) = I_e$: SB de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

μ_e : Idem, en mag/arcsec².

$\langle I(r_e) \rangle = \langle I_e \rangle$: SB promedio **dentro** de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

$\langle \mu_e \rangle$: Idem, en mag/arcsec².

r_{25} : Radio de la isofota de $\mu_B = 25$ mag/arcsec². En general, r_{XX} será el radio de la isofota de $\mu = XX$ mag/arcsec² en una banda determinada.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si F es el flujo integrado:

$$\langle I_e \rangle = \frac{F/2}{\pi r_e^2} = \frac{F}{2\pi r_e^2}; \quad \langle \mu_e \rangle = m + 2.5 \log(2\pi r_e^2) \quad (2)$$

r_e : Radio efectivo. Es el radio de la isofota que encierra la mitad del flujo integrado.

$I(r_e) = I_e$: SB de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

μ_e : Idem, en mag/arcsec².

$\langle I(r_e) \rangle = \langle I_e \rangle$: SB promedio **dentro** de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

$\langle \mu_e \rangle$: Idem, en mag/arcsec².

r_{25} : Radio de la isofota de $\mu_B = 25$ mag/arcsec². En general, r_{XX} será el radio de la isofota de $\mu = XX$ mag/arcsec² en una banda determinada.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si F es el flujo integrado:

$$\langle I_e \rangle = \frac{F/2}{\pi r_e^2} = \frac{F}{2\pi r_e^2}; \quad \langle \mu_e \rangle = m + 2.5 \log(2\pi r_e^2) \quad (2)$$

r_e : Radio efectivo. Es el radio de la isofota que encierra la mitad del flujo integrado.

$I(r_e) = I_e$: SB de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

μ_e : Idem, en mag/arcsec².

$\langle I(r_e) \rangle = \langle I_e \rangle$: SB promedio **dentro** de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

$\langle \mu_e \rangle$: Idem, en mag/arcsec².

r_{25} : Radio de la isofota de $\mu_B = 25$ mag/arcsec². En general, r_{XX} será el radio de la isofota de $\mu = XX$ mag/arcsec² en una banda determinada.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si F es el flujo integrado:

$$\langle I_e \rangle = \frac{F/2}{\pi r_e^2} = \frac{F}{2\pi r_e^2}; \quad \langle \mu_e \rangle = m + 2.5 \log(2\pi r_e^2) \quad (2)$$

r_e : Radio efectivo. Es el radio de la isofota que encierra la mitad del flujo integrado.

$I(r_e) = I_e$: SB de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

μ_e : Idem, en mag/arcsec².

$\langle I(r_e) \rangle = \langle I_e \rangle$: SB promedio **dentro** de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

$\langle \mu_e \rangle$: Idem, en mag/arcsec².

r_{25} : Radio de la isofota de $\mu_B = 25$ mag/arcsec². En general, r_{XX} será el radio de la isofota de $\mu = XX$ mag/arcsec² en una banda determinada.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si F es el flujo integrado:

$$\langle I_e \rangle = \frac{F/2}{\pi r_e^2} = \frac{F}{2\pi r_e^2}; \quad \langle \mu_e \rangle = m + 2.5 \log(2\pi r_e^2) \quad (2)$$

r_e : Radio efectivo. Es el radio de la isofota que encierra la mitad del flujo integrado.

$I(r_e) = I_e$: SB de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

μ_e : Idem, en mag/arcsec².

$\langle I(r_e) \rangle = \langle I_e \rangle$: SB promedio **dentro** de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

$\langle \mu_e \rangle$: Idem, en mag/arcsec².

r_{25} : Radio de la isofota de $\mu_B = 25$ mag/arcsec². En general, r_{XX} será el radio de la isofota de $\mu = XX$ mag/arcsec² en una banda determinada.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si F es el flujo integrado:

$$\langle I_e \rangle = \frac{F/2}{\pi r_e^2} = \frac{F}{2\pi r_e^2}; \quad \langle \mu_e \rangle = m + 2.5 \log(2\pi r_e^2) \quad (2)$$

r_e : Radio efectivo. Es el radio de la isofota que encierra la mitad del flujo integrado.

$I(r_e) = I_e$: SB de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

μ_e : Idem, en mag/arcsec².

$\langle I(r_e) \rangle = \langle I_e \rangle$: SB promedio **dentro** de la isofota de radio $r = r_e$ (flujo/SR).

$\langle \mu_e \rangle$: Idem, en mag/arcsec².

r_{25} : Radio de la isofota de $\mu_B = 25$ mag/arcsec². En general, r_{XX} será el radio de la isofota de $\mu = XX$ mag/arcsec² en una banda determinada.

De acuerdo a las definiciones anteriores, si F es el flujo integrado:

$$\langle I_e \rangle = \frac{F/2}{\pi r_e^2} = \frac{F}{2\pi r_e^2}; \quad \langle \mu_e \rangle = m + 2.5 \log(2\pi r_e^2) \quad (2)$$

José Luis Sérsic (1968):

$$I(r) = I_e e^{-b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]} \quad (3)$$

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

José Luis Sérsic (1968):

$$I(r) = I_e e^{-b_n \left[\left(\frac{r}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right]} \quad (3)$$

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

Flujo total:

$$F = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} e^{b_n} I_e n \Gamma(2n) \quad (4)$$

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.

El parámetro b_n :

$$\frac{\Gamma(2n)}{2} = \gamma(2n, b_n). \quad (5)$$

Flujo total:

$$F = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} e^{b_n} I_e n \Gamma(2n) \quad (4)$$

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.

El parámetro b_n :

$$\frac{\Gamma(2n)}{2} = \gamma(2n, b_n). \quad (5)$$

Forma alternativa:

$$I(r) = I_0 e^{-\left(\frac{r}{r_0}\right)^N} \quad (6)$$

En unidades de mag/arcsec²:

$$\mu(r) = \mu_0 + 1.0857 \left(\frac{r}{r_0}\right)^N. \quad (7)$$

Igualando 3 y 6, y evaluando para $r = 0$, se obtiene:

$$\begin{aligned} e^{b_n} I_e e^0 &= I_0 e^{-0} \\ e^{b_n} I_e &= I_0 \end{aligned}$$

y, así:

$$I_0 = e^{b_n} I_e, \quad (8)$$

$$r_0 = b_n^{-n} r_e. \quad (9)$$

El flujo integrado es:

$$F = 2\pi r_0^2 I_0 N^{-1} \Gamma(2/N). \quad (10)$$

Forma alternativa:

$$I(r) = I_0 e^{-\left(\frac{r}{r_0}\right)^N} \quad (6)$$

En unidades de mag/arcsec²:

$$\mu(r) = \mu_0 + 1.0857 \left(\frac{r}{r_0}\right)^N. \quad (7)$$

Igualando 3 y 6, y evaluando para $r = 0$, se obtiene:

$$e^{b_n} I_e e^0 = I_0 e^{-0}$$

$$e^{b_n} I_e = I_0$$

y, así:

$$I_0 = e^{b_n} I_e, \quad (8)$$

$$r_0 = b_n^{-n} r_e. \quad (9)$$

El flujo integrado es:

$$F = 2\pi r_0^2 I_0 N^{-1} \Gamma(2/N). \quad (10)$$

Forma alternativa:

$$I(r) = I_0 e^{-\left(\frac{r}{r_0}\right)^N} \quad (6)$$

En unidades de mag/arcsec²:

$$\mu(r) = \mu_0 + 1.0857 \left(\frac{r}{r_0}\right)^N. \quad (7)$$

Igualando 3 y 6, y evaluando para $r = 0$, se obtiene:

$$\begin{aligned} e^{b_n} I_e e^0 &= I_0 e^{-0} \\ e^{b_n} I_e &= I_0 \end{aligned}$$

y, así:

$$I_0 = e^{b_n} I_e, \quad (8)$$

$$r_0 = b_n^{-n} r_e. \quad (9)$$

El flujo integrado es:

$$F = 2\pi r_0^2 I_0 N^{-1} \Gamma(2/N). \quad (10)$$

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)

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

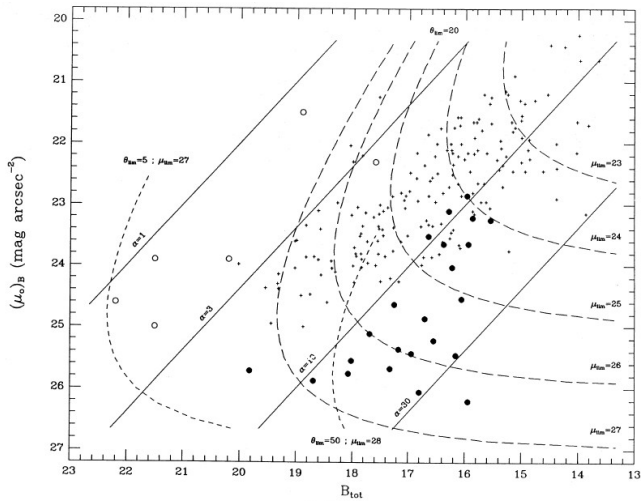
Ley de *de Vaucouleurs* (n=4)

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

Ley Exponencial (n=1)

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

Relación brillo superficial - magnitud integrada



En la práctica solo es posible medir el perfil de brillo hasta una dada isofota límite $\mu_L \rightarrow$ truncamiento del perfil, con la consiguiente subestimación del flujo integrado y del radio efectivo

El flujo medido hasta el radio límite r_L es:

$$F(r_L) = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{b_n} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right), \quad (11)$$

y, usando 4:

$$f(r_L) = \frac{F - F(r_L)}{F} = 1 - \frac{\gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right)}{\Gamma(2n)}. \quad (12)$$

En la práctica solo es posible medir el perfil de brillo hasta una dada isofota límite $\mu_L \rightarrow$ truncamiento del perfil, con la consiguiente subestimación del flujo integrado y del radio efectivo

El flujo medido hasta el radio límite r_L es:

$$F(r_L) = 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{bn} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right), \quad (11)$$

y, usando 4:

$$f(r_L) = \frac{F - F(r_L)}{F} = 1 - \frac{\gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right)}{\Gamma(2n)}. \quad (12)$$

En la práctica solo es posible medir el perfil de brillo hasta una dada isofota límite $\mu_L \rightarrow$ truncamiento del perfil, con la consiguiente subestimación del flujo integrado y del radio efectivo

Dado que no somos capaces de medir todo el perfil, se obtendrá además un radio efectivo truncado, que llamaremos r_{ex} :

$$\begin{aligned}
 \frac{F(r_L)}{2} &= \pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{b_n} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right) = \\
 &= 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{b_n} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_{ex}}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right) = \\
 &= F(r_{ex}),
 \end{aligned} \tag{13}$$

de donde se obtiene:

$$\gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right) = 2 \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_{ex}}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right). \tag{14}$$

En la práctica solo es posible medir el perfil de brillo hasta una dada isofota límite $\mu_L \rightarrow$ truncamiento del perfil, con la consiguiente subestimación del flujo integrado y del radio efectivo

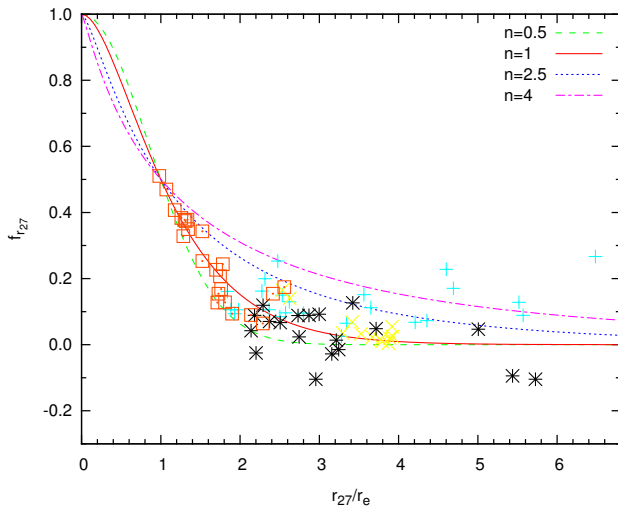
Dado que no somos capaces de medir todo el perfil, se obtendrá además un radio efectivo truncado, que llamaremos r_{ex} :

$$\begin{aligned}
 \frac{F(r_L)}{2} &= \pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{b_n} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right) = \\
 &= 2\pi r_e^2 b_n^{-2n} I_e n e^{b_n} \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_{ex}}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right) = \\
 &= F(r_{ex}),
 \end{aligned} \tag{13}$$

de donde se obtiene:

$$\gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_L}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right) = 2 \gamma \left(2n, b_n \left(\frac{r_{ex}}{r_e} \right)^{\frac{1}{n}} \right). \tag{14}$$

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

- La luz medida por un detector cuya long. de onda efectiva es λ_{eff} habrá sido emitida en realidad a $\frac{\lambda_{\text{eff}}}{1+z}$.
- El ancho de banda efectivo del detector en el sistema de referencia del observador ($\Delta\lambda$) y en el marco de referencia del emisor ($\Delta\lambda_e$) diferirá por un factor $(1+z)$.

- La luz medida por un detector cuya long. de onda efectiva es λ_{eff} habrá sido emitida en realidad a $\frac{\lambda_{\text{eff}}}{1+z}$.
- El ancho de banda efectivo del detector en el sistema de referencia del observador ($\Delta\lambda$) y en el marco de referencia del emisor ($\Delta\lambda_e$) diferirá por un factor $(1 + z)$.

- La corrección evolutiva (EC) tiene en cuenta la evolución de las poblaciones estelares de la galaxia desde el instante en que se emitió la luz (z) y el de observación ($z = 0$), a fin de poder comparar galaxias en estados evolutivos similares.

$E(\lambda, t)$: 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.

La corrección K y la corrección evolutiva

Entonces, el flujo monocromático observado $F(\lambda)$ a t_0 será:

$$F(\lambda) \Delta\lambda = \frac{E(\lambda_e, t_e) \Delta\lambda_e}{4\pi d_L^2} \Rightarrow F(\lambda) = \frac{E(\lambda_e, t_e)}{4\pi d_L^2 (1+z)}$$

El flujo observado correspondiente a la banda fotométrica de longitud de onda efectiva λ_0 , es:

$$F_{\lambda_0} = \int_0^\infty F(\lambda) S(\lambda) d\lambda = \frac{1}{4\pi d_L^2 (1+z)} \int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_e\right) S(\lambda) d\lambda.$$

Multiplicando y dividiendo por los factores adecuados, se tiene:

$$F_{\lambda_0} = \frac{\int_0^\infty E(\lambda, t_0) S(\lambda) d\lambda}{4\pi d_L^2 (1+z)} \cdot \frac{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E(\lambda, t_0) S(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_e\right) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda}.$$

La corrección K y la corrección evolutiva

Entonces, el flujo monocromático observado $F(\lambda)$ a t_0 será:

$$F(\lambda) \Delta\lambda = \frac{E(\lambda_e, t_e) \Delta\lambda_e}{4\pi d_L^2} \Rightarrow F(\lambda) = \frac{E(\lambda_e, t_e)}{4\pi d_L^2 (1+z)}$$

El flujo observado correspondiente a la banda fotométrica de longitud de onda efectiva λ_0 , es:

$$F_{\lambda_0} = \int_0^\infty F(\lambda) S(\lambda) d\lambda = \frac{1}{4\pi d_L^2 (1+z)} \int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_e\right) S(\lambda) d\lambda.$$

Multiplicando y dividiendo por los factores adecuados, se tiene:

$$F_{\lambda_0} = \frac{\int_0^\infty E(\lambda, t_0) S(\lambda) d\lambda}{4\pi d_L^2 (1+z)} \cdot \frac{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E(\lambda, t_0) S(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_e\right) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda}.$$

La corrección K y la corrección evolutiva

Entonces, el flujo monocromático observado $F(\lambda)$ a t_0 será:

$$F(\lambda) \Delta\lambda = \frac{E(\lambda_e, t_e) \Delta\lambda_e}{4\pi d_L^2} \Rightarrow F(\lambda) = \frac{E(\lambda_e, t_e)}{4\pi d_L^2 (1+z)}$$

El flujo observado correspondiente a la banda fotométrica de longitud de onda efectiva λ_0 , es:

$$F_{\lambda_0} = \int_0^\infty F(\lambda) S(\lambda) d\lambda = \frac{1}{4\pi d_L^2 (1+z)} \int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_e\right) S(\lambda) d\lambda.$$

Multiplicando y dividiendo por los factores adecuados, se tiene:

$$F_{\lambda_0} = \frac{\int_0^\infty E(\lambda, t_0) S(\lambda) d\lambda}{4\pi d_L^2 (1+z)} \cdot \frac{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E(\lambda, t_0) S(\lambda) d\lambda} \cdot \frac{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_e\right) S(\lambda) d\lambda}{\int_0^\infty E\left(\frac{\lambda}{1+z}, t_0\right) S(\lambda) d\lambda}.$$

La corrección K y la corrección evolutiva

Pasando a magnitudes:

$$m_{\lambda_0} = -2.5 \log(F_{\lambda_0}) + \text{cte.}$$

y reescribiendo adecuadamente los factores y términos:

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

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

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

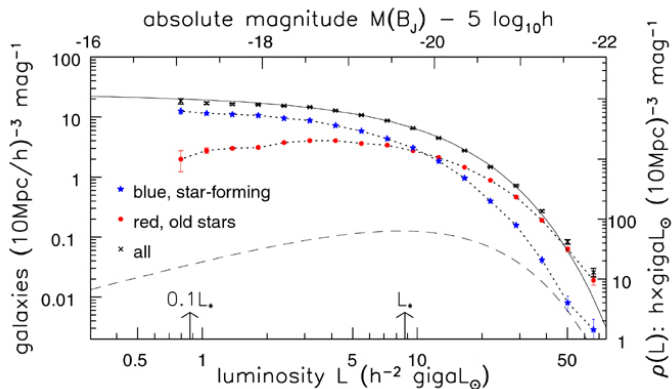


Fig 1.16 'Galaxies in the Universe' Sparke/Gallagher CUP 2007

$$\Phi(\mathcal{L})\Delta\mathcal{L} = n_{\star} \left(\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}\right)^{\alpha} e^{-\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}} \frac{\Delta\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}, \quad (15)$$

- n_{\star} : densidad de galaxias.
- \mathcal{L}^{\star} y α : parámetros libres.

$$\mathcal{L}^{\star} \simeq 8.8 \times 10^9 h^{-2} \mathcal{L}_{\odot}$$

Densidad de luminosidad total:

$$\mathcal{L}_t = \int_0^{\infty} \mathcal{L} \Phi(\mathcal{L}) d\mathcal{L} = n_{\star} \mathcal{L}^{\star} \Gamma(\alpha + 2) \approx 1.4 \times 10^8 h \mathcal{L}_{\odot} \text{ Mpc}^{-3}, \quad (16)$$

(notar que se usaron los valores de la curva de la Fig.:
 $\alpha = -0.7$, $n_{\star} = 0.019 h^3 \text{ Mpc}^{-3}$).

$$\Phi(\mathcal{L})\Delta\mathcal{L} = n_{\star} \left(\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}\right)^{\alpha} e\left(-\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}\right) \frac{\Delta\mathcal{L}}{\mathcal{L}^{\star}}, \quad (15)$$

- n_{\star} : densidad de galaxias.
- \mathcal{L}^{\star} y α : parámetros libres.

$$\mathcal{L}^{\star} \simeq 8.8 \times 10^9 h^{-2} \mathcal{L}_{\odot}$$

Densidad de luminosidad total:

$$\mathcal{L}_t = \int_0^{\infty} \mathcal{L} \Phi(\mathcal{L}) d\mathcal{L} = n_{\star} \mathcal{L}^{\star} \Gamma(\alpha + 2) \approx 1.4 \times 10^8 h \mathcal{L}_{\odot} \text{ Mpc}^{-3}, \quad (16)$$

(notar que se usaron los valores de la curva de la Fig.:
 $\alpha = -0.7$, $n_{\star} = 0.019 h^3 \text{ Mpc}^{-3}$).

Función de Luminosidad

La función de Luminosidad para los distintos tipos de Hubble

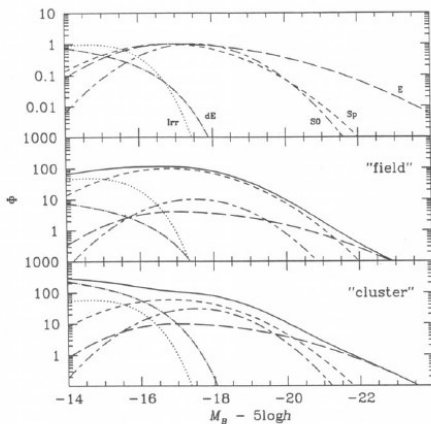


Figure 4.14 Luminosity functions for galaxies of various morphological types. The top panel shows The separate functions at arbitrary normalization, while the lower panels show approximately how these components combine to produce the total luminosity function in the field and in clusters.

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.

Nota histórica del capítulo

Dr. José Luis Sérsic



Bibliografía del capítulo:

- *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