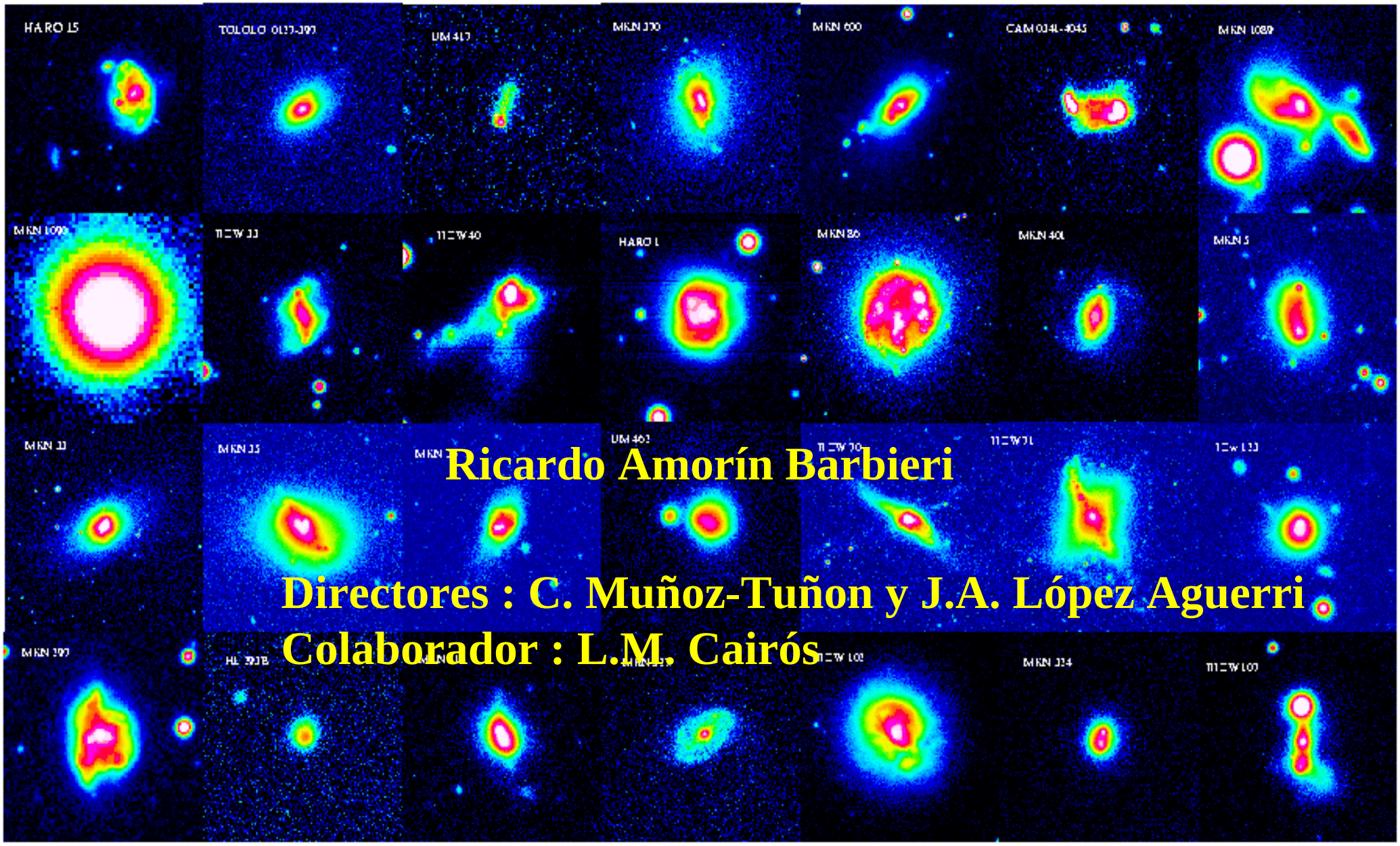
Acerca del modelado de la galaxia anfitriona de las BCDs



Ricardo Amorín Barbieri

Directores : C. Muñoz-Tuñon y J.A. López Aguerri

Colaborador : L.M. Cairós

Introducción

• Estudio detallado de la galaxia subyacente de las compactas azules, BCDs: galaxias enanas con formación estelar activa, ricas en gas.

Características básicas:

Baja luminosidad ($M_B \geq -18$), compactas ($D_{sb} \not\leq 1$Kpc)

Espectro similar a RHII en espirales.

Sistemas de baja metalicidad (1/3 a 1/50 solar)

Amplio rango de morfologías

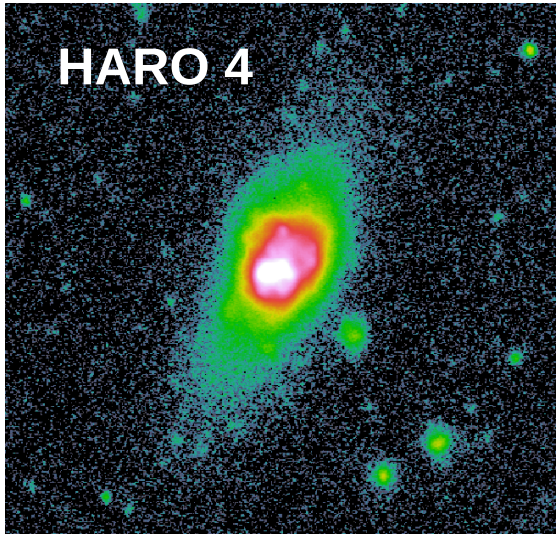
• Evidencian envolturas estelares "rojas" y extensas en torno a la formación estelar, una población más vieja, subyacente.

→ *objetos viejos con episodios recurrentes de formación estelar*.

• Mucha luminosidad en las partes centrales de la galaxia, dominada por los brotes jóvenes, enmascarando la detección de la población subyacente ($R_{sb}/R_g \sim 1$).

Introducción

• Estudio detallado de la galaxia subyacente de las compactas azules, BCDs: galaxias enanas con formación estelar activa, ricas en gas.



Características básicas:

Baja luminosidad ($M_B \geq -18$), compactas

Espectro similar a RHII en espirales.

Sistemas de baja metalicidad (1/3 a 1/50 solar)

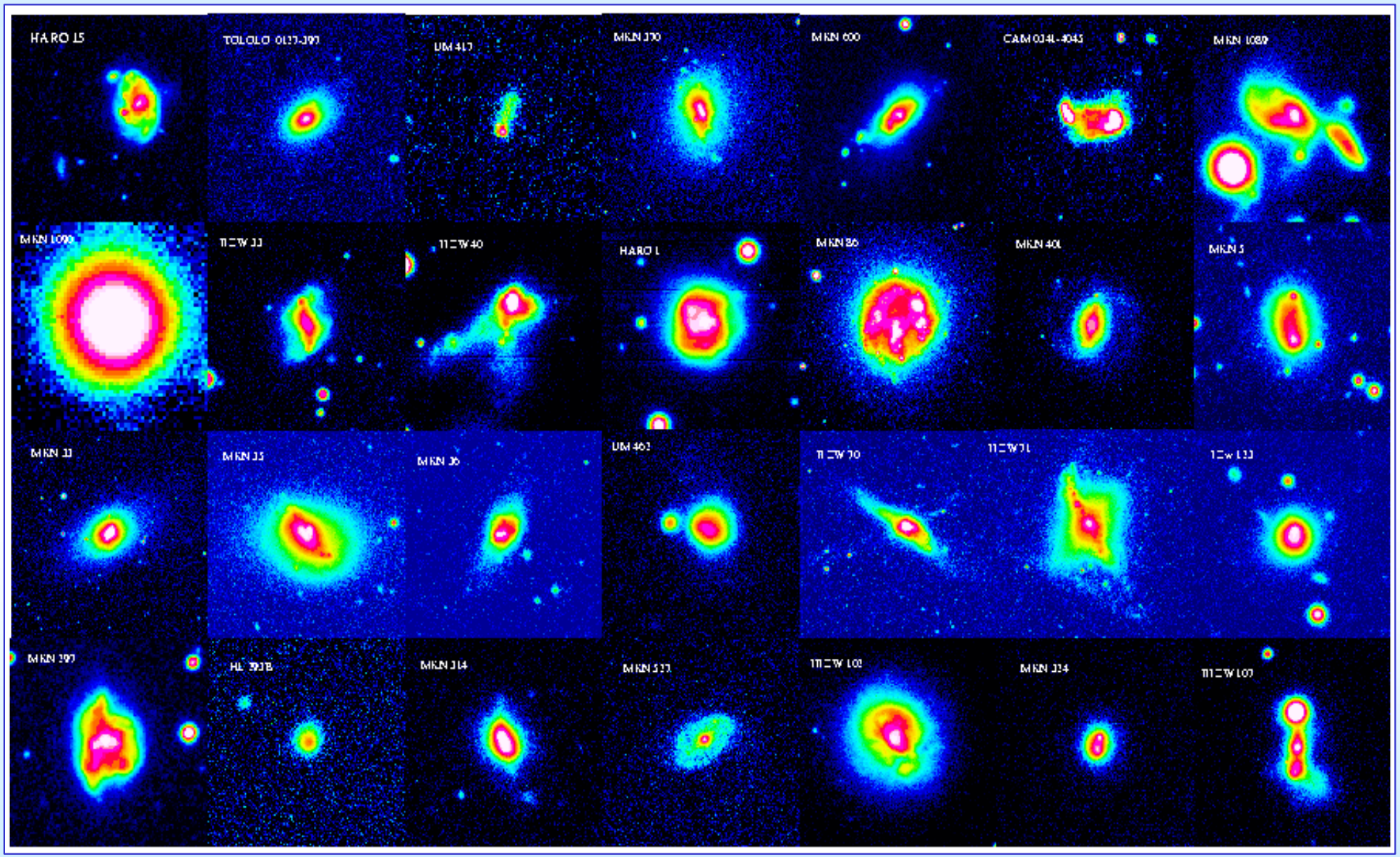
Amplio rango de morfologías

• Evidencian envolturas estelares "rojas" y extensas en torno a la formación estelar, una población más vieja, subyacente.

→ *objetos viejos con episodios recurrentes de formación estelar*.

• Mucha luminosidad en las partes centrales de la galaxia, dominada por los brotes jóvenes, enmascarando la detección de la población subyacente ($R_{sb}/R_g \sim 1$).

Imágenes en banda B : morfología heterogénea



(Cairós et. al, 2001)

Objetivos y Motivaciones I

- Modelado de las componentes estructurales de la galaxia subyacente.
- Aislar la componente joven (en col. Ismael M. Delgado- Phd)
- Elaborar máscaras que permitan el correcto análisis de la componente de bajo brillo superficial (LSBC) subyacente.

Falta de criterio para descontaminar → adaptar y desarrollar algoritmos de ajustes de componentes en 2D → Aprovechar la mayor información posible de las imágenes

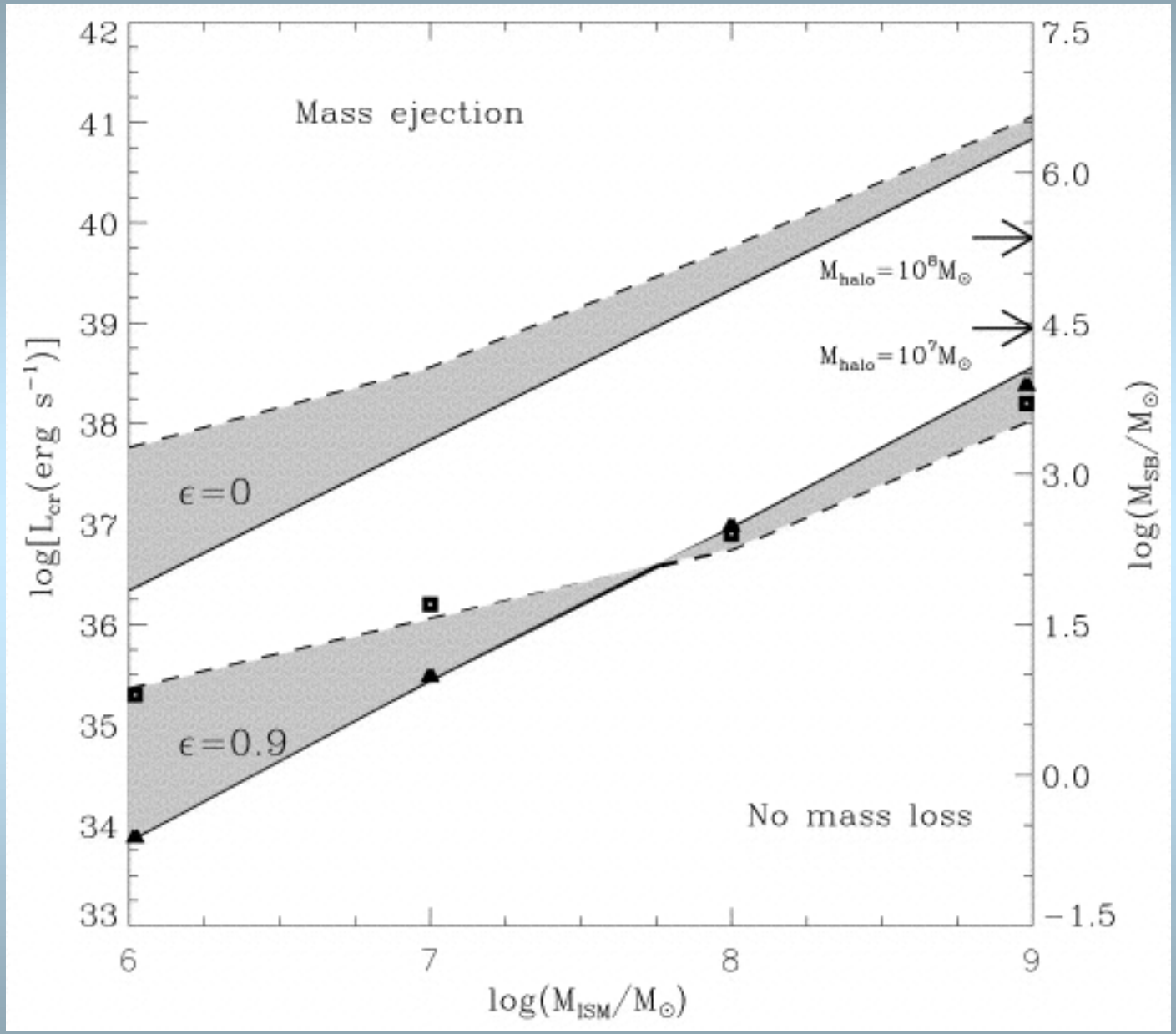
Las propiedades de la LSBC subyacente son fundamentales, esta componente vieja albergaría la mayoría de la masa de la galaxia y junto al halo de materia oscura y el disco de HI sería la mayor contribución al potencial galáctico, dentro del cual tendría lugar el starburst

Objetivos y Motivaciones II

- Se quiere determinar, a través del ajuste, cómo es la estructura de la LSBC: si un disco, un esferoide, un sistema mixto...

- La comparación de los parámetros estructurales y, en general, de las propiedades de la LSBC junto con los del resto de galaxias enanas de todo tipo es de importancia para testear los posibles escenarios evolutivos que logren vincular las distintas clases de galaxias y las distintas subclases de BCDs.

- Una correcta interpretación de la estructura de la LSBC tiene también implicaciones, por ejemplo, en el análisis de si estas galaxias son capaces de expulsar los nuevos metales generados, a través de supervientos, enriqueciendo el medio intergaláctico circundante.



Silich & Tenorio-Tagle, 2000

Objetivos y Motivaciones III

• Importancia de la elección del modelo analítico más apropiado para describir el SBP de la LSBC.

• Búsqueda del radio de transición

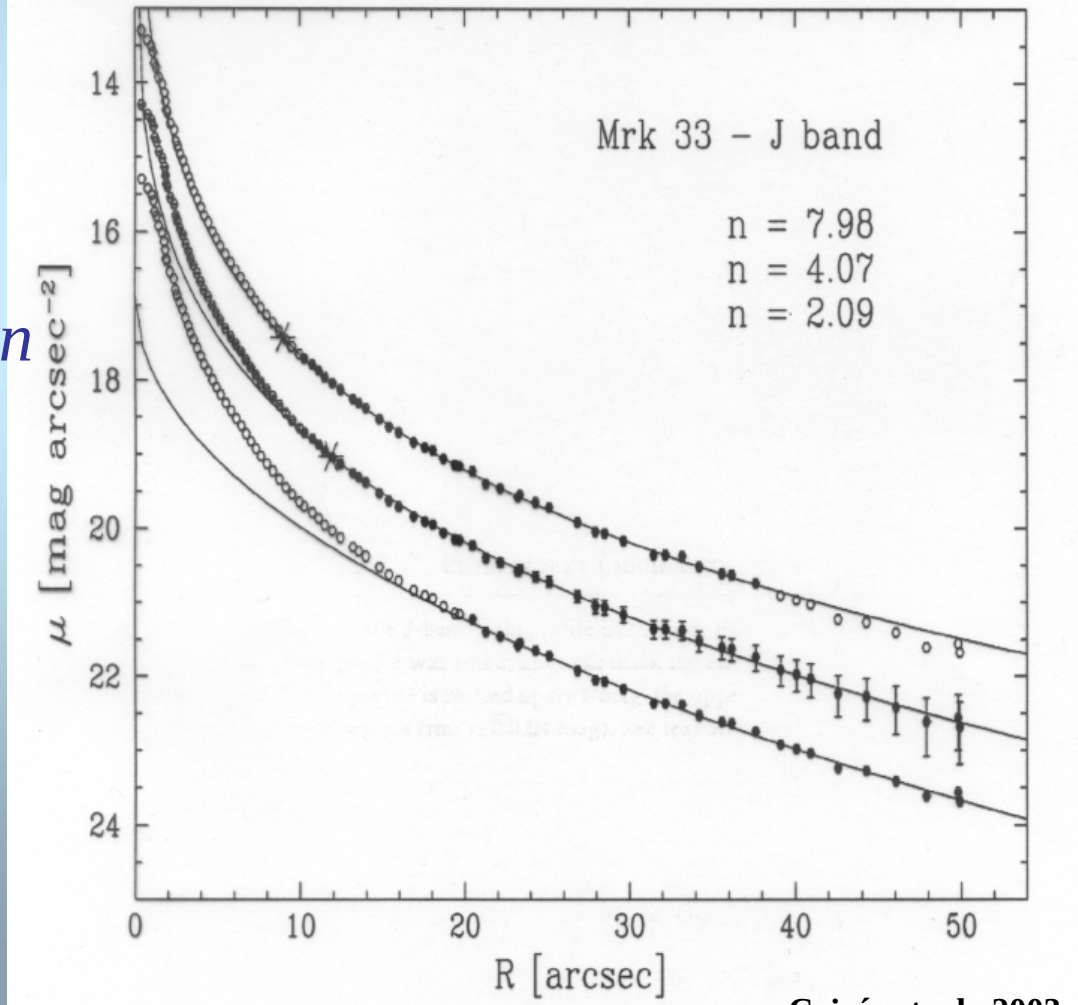
⇩

muestrear sin incluir contaminación por la componente starburst.

• El parámetro de Sérsic ***n*** es muy sensible al rango radial

• Galaxias en el NIR además del óptico.

Three examples of a Sérsic fit to the *J*-band light profile of Mrk 33. Filled symbols identify the radial interval over which the profile was fitted; asterisks mark the effective radius and effective surface brightness. The middle profile is shifted up by 1 mag, the upper profile by 2 mag. Notice how all fits appear to be equally good (rms is $\lesssim$0.04 mag). See text and Table 4 for further details.



Cairós et. al., 2003

Objetivos y Motivaciones IV

• Comportamiento y relación de los parámetros del ajuste por Sérsic con una descripción física de la LSBC, en particular cuando estos parámetros se discuten en el contexto del estado físico de la componente estelar de la LSBC o de la distribución de materia oscura en una BCD.

•*Bergvall & Östlin* (2002), han encontrado aparentemente con estos problemas al derivar exponentes ***n*** de Sérsic al ajustar la LSBC de BCDs, hallando en 4 de 6 galaxias estudiadas ***n*** >17 . Estos valores exceden incluso los hallados para la más brillantes galaxias elípticas, y son interpretados con la presencia de un halo masivo de materia oscura en un particular equilibrio dinámico con la materia visible en la BCDs.

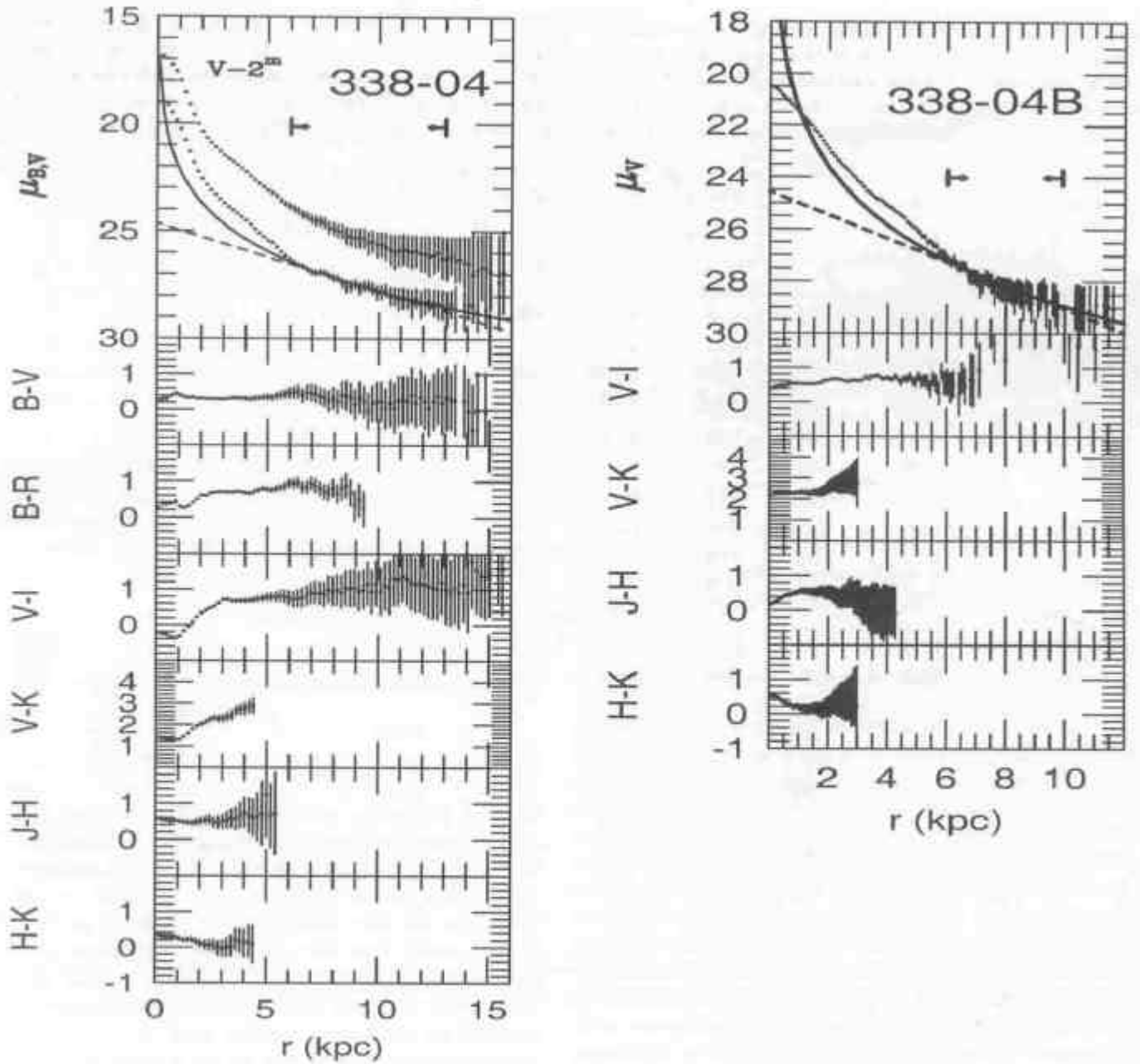


Fig. 14. The surface luminosity profiles of ESO 338-IG04 and ESO 338-IG04b in Cousins B and in Cousins/Johnson broadband colour indices. The luminosity profiles are shown with two different fits. The dashed line shows a least square fit to an exponential profile and the solid line a fit to a Sersic law. Inclination corrections based on a fit to the outer isophotes have been applied. Likewise reddening corrections based on spectroscopy of the central region and assuming the column density of the dust to be proportional to the luminosity density in the broadband image used to derive the upper luminosity profile, have also been applied. The error bars are 1σ deviations including the most pessimistic estimate of the error in the zero-point correction of the sky background.

La muestra

- Se dispone de fotometría profunda multibanda, U, B, R, I, J, H, K y Ha.

- La muestra es amplia en cuanto a la morfología y posición de los brotes de formación estelar a partir de sus mapas de color: starbursts nucleados, extendidos, en cadena, cometarios ..., (Cairós et. Al, 2001)

- A partir del ajuste 1D de los perfiles de brillo superficial en el óptico se distinguen tres grupos (Cairós et al, 2001):

  a) galaxias cuyos perfiles están bien descriptos por una ley exponencial sobre un amplio rango de brillo superficial

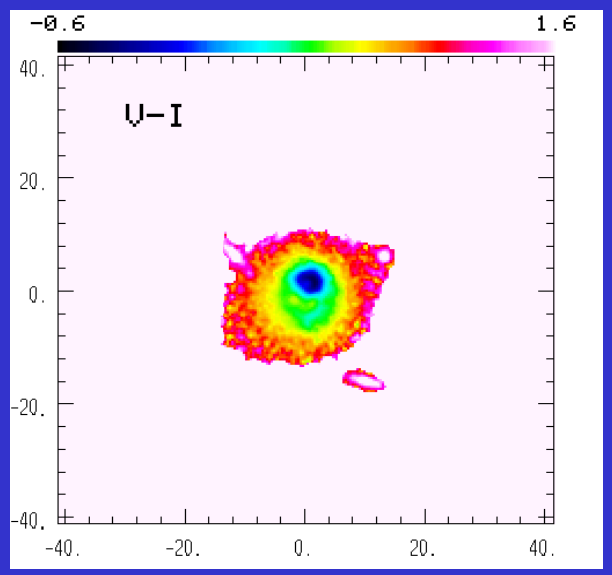
  b) otras bien descriptas por una ley de $R^{1/4}$

  c) y otras cuyo perfil es compuesto y no puede ser ajustado por una única ley en todo el rango pues presentan “estructuras extra”

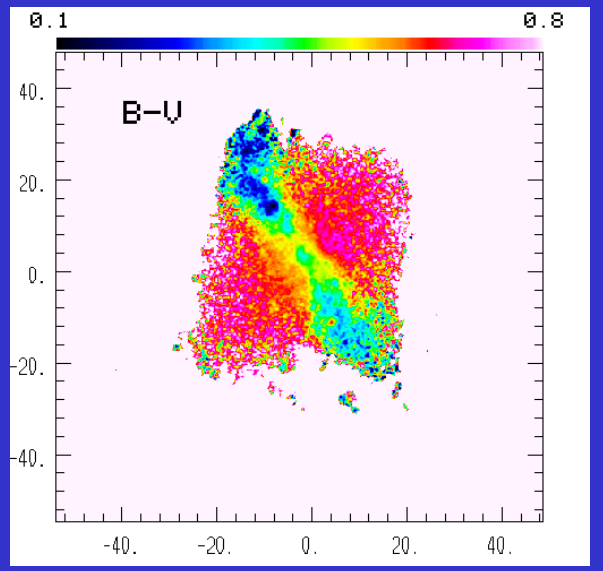
- en c) poseen claramente un starburst central superpuesto a una componente subyacente de bajo brillo superficial.

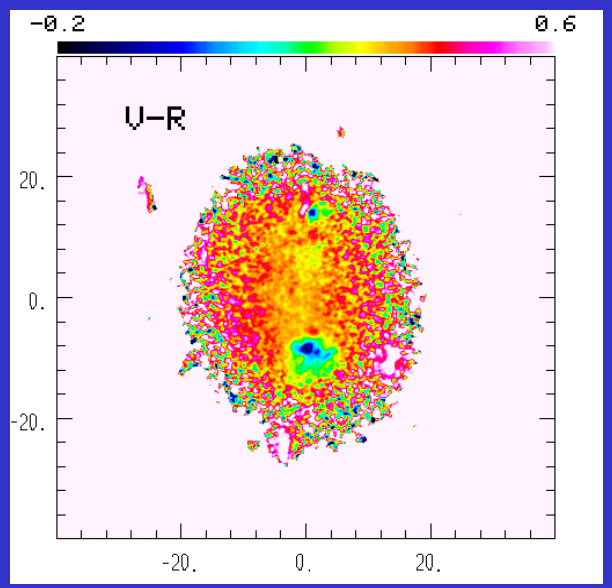
Clasificación por la posición y forma de los brotes (Cairós, 2001)

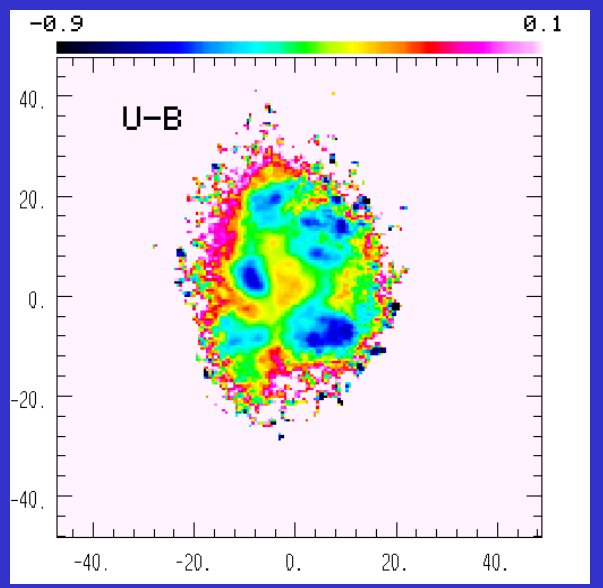
I. NUCLEATED



III.CHAIN







II. COMETARY

IV.EXTENDED

Cairós et .al., 2001

TABLE 3

CLASSIFICATION AND STRUCTURAL PARAMETERS OF THE SAMPLE GALAXIES

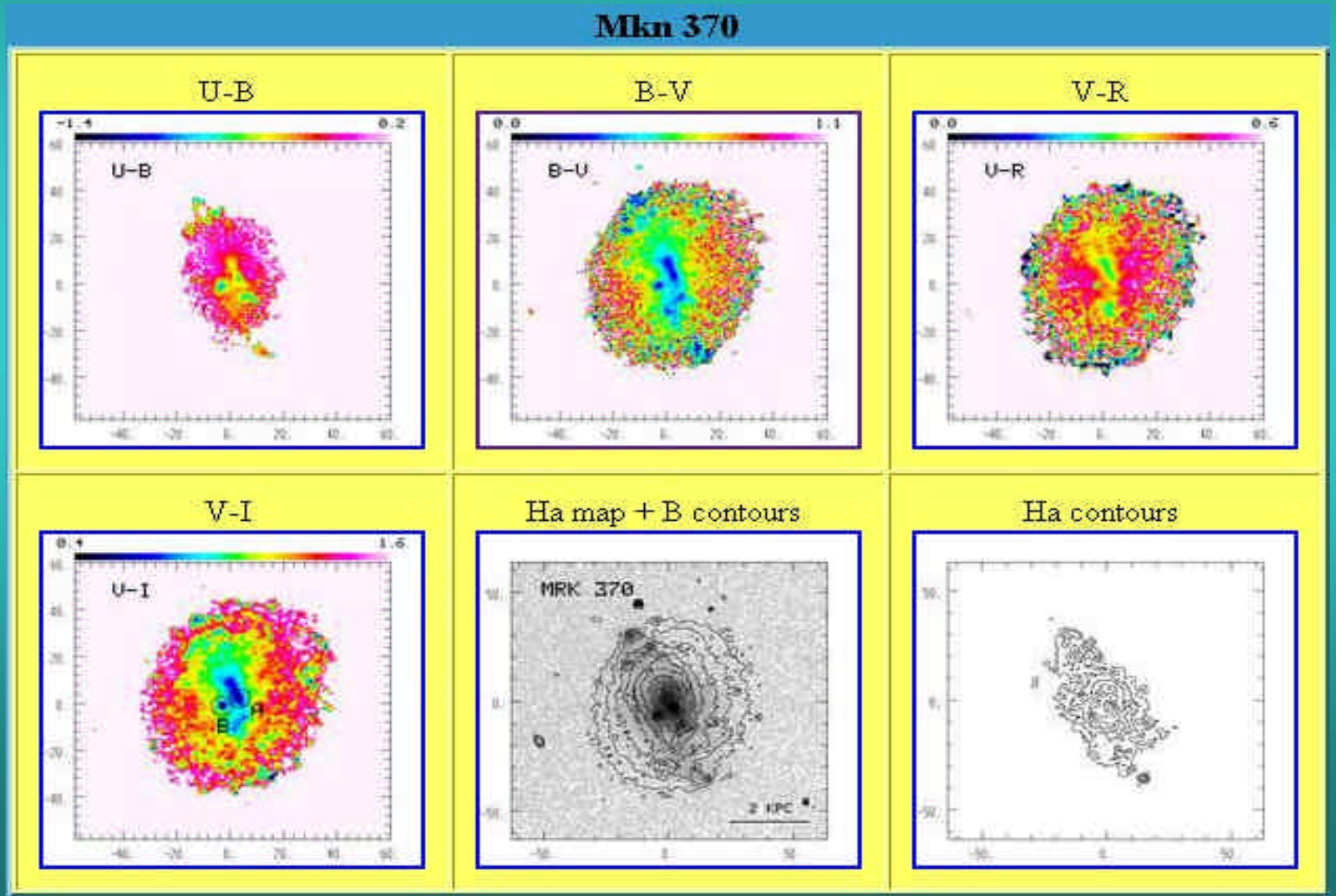
Galaxy (1)	Morph. (2)	Profile (3)	LBUC (4)	A_B (5)	$\mu_{0,B}$ (mag arcsec^{-2}) (6)	α_B (kpc) (7)	$\mu_{V,0}$ (mag arcsec^{-2}) (8)	α_V (kpc) (9)	$\mu_{R,0}$ (mag arcsec^{-2}) (10)	α_R (kpc) (11)	$\mu_{I,0}$ (mag arcsec^{-2}) (12)	α_I (kpc) (13)
Haro 15	iI,M	1	n	0.080	18.93	1.37	18.56	1.40	18.43	1.50	18.23	1.53
Tololo 0127−397	nE	2	n	0.067	...	...	...	...	...	...	...	...
UM 417	iI,C	3	y	0.050	22.41	0.45	21.70	0.40	...	...	...	...
Mrk 370	iE	2	y	0.240	22.56	1.06	21.74	1.05	21.04	0.96	20.57	1.14
Mrk 600	iE	3	y	0.180	21.70	0.40	21.56	0.44	21.53	0.50	20.30	0.37
Cam 0341−4045	iI,M	3	y	0.000	19.94	0.53	19.90	0.59	19.25	0.57	19.35	0.65
Mrk 1089	iI,M	1	n	0.240	19.67	1.38	19.38	1.34	18.99	1.33	18.75	1.37
Mrk 1090	iE	1, 2	n	0.240	18.83	0.47	18.51	0.46	18.17	0.47	18.08	0.53
II Zw 33	iE	1	n	0.420	20.14	0.68	19.20	0.67	...	...	19.43	0.99
II Zw 40	iI,M	2, 3	y	2.270	21.33	0.62	20.59	0.61	20.83	0.71	20.5	0.82
Mrk 5	iI,C	3	y	0.330	21.09	0.31	20.82	0.33	20.71	0.36	20.19	0.36
Haro 1	nE	3	y	0.160	19.42	1.36	19.69	1.30	18.64	1.40	18.51	1.55
Mrk 86	iE	3	y	0.150	21.52	0.60	20.94	0.65	20.62	0.68	19.61	0.58
Mrk 401	SB	3	y	0.020	22.57	1.33	...	...	19.59	0.71	...	...
Mrk 33	nE	2	y	0.000	23.30	1.67	22.68	1.69	21.87	1.71	...	...
Mrk 35	iE	2, 3	y	0.000	22.5	0.82	21.24	0.71	20.79	0.69	19.92	0.69
Mrk 36	iE	3	y	0.000	22.06	0.17	21.81	0.18	21.57	0.19	21.54	0.21
UM 462	iE	1, 2	y	0.030	22.81	0.60	22.48	0.60	22.28	0.69	...	...
II Zw 70	iI	2	y	0.000	22.55	0.54	21.91	0.50	21.55	0.51	20.93	0.48
II Zw 71	iI	1	y	0.000	21.06	0.59	20.24	0.54	19.92	0.54	...	...
I Zw 123	nE	2	y	0.020	21.23	0.17	21.05	0.20	...	...	20.84	0.29
Mrk 297	iE	3	y	0.100	22.30	2.48	19.98	1.68	...	...	21.20	4.58
HL 293	nE	1, 2	n	0.170	20.76	0.18	20.13	0.19	20.43	0.22	20.01	0.18
Mrk 314	iE	2	y	0.240	21.66	1.19	...	...	21.31	1.55	...	...
Mrk 527	SB	3	y	0.220	22.45	3.29	21.31	2.91	...	...	20.06	2.71
III Zw 102	nE	1	n	0.070	19.77	1.10	18.93	1.10	18.48	1.10	...	...
Mrk 324	iE	2	y	0.080	21.07	0.37	20.19	0.35	20.35	0.42	18.86	0.31
III Zw 107	iI,M	3	y	0.150	22.41	3.00	21.04	1.90	19.73	1.29	20.97	2.73

NOTE.—Col. (2): morphological classification of the galaxies following Loose & Thuan 1985; col. (3): type of the profile, where "1" means exponential disk, "2" means de Vaucouleurs law, and "3" characterizes the composite profiles; col. (4): presence (yes or no) of a low surface brightness underlying component (LBUC); col. (5): Galactic extinction in *B*, from Burstein & Heiles 1984; cols. (6)–(13): parameters characterizing the LBUC, central surface brightness, μ_0, and scale length, α.

La muestra

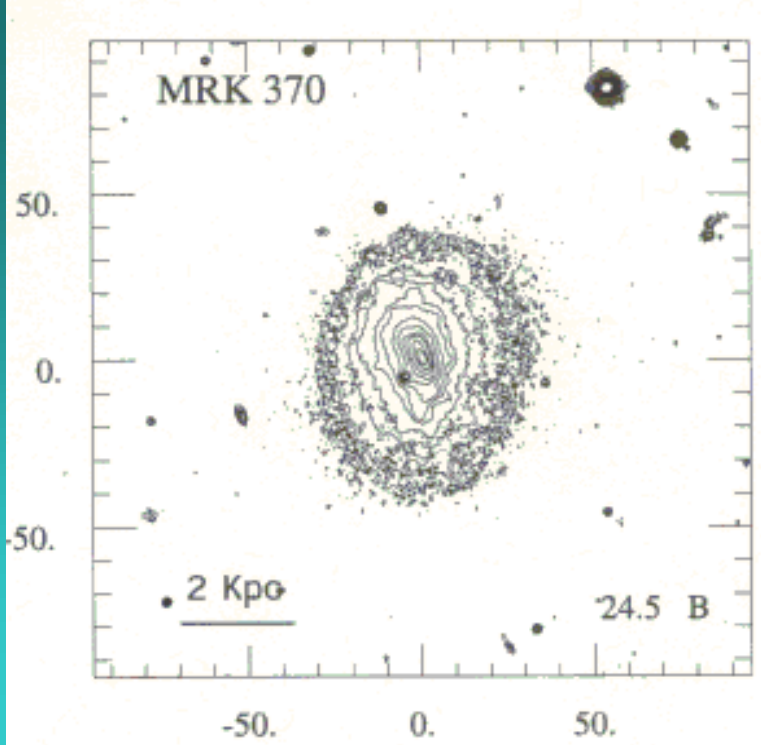
- El primer caso: Mrk370 . Objeto de estudio para DEA (diploma de estudios avanzados). Será utilizada como primer galaxia de prueba para desarrollar el método de ajuste 2D.

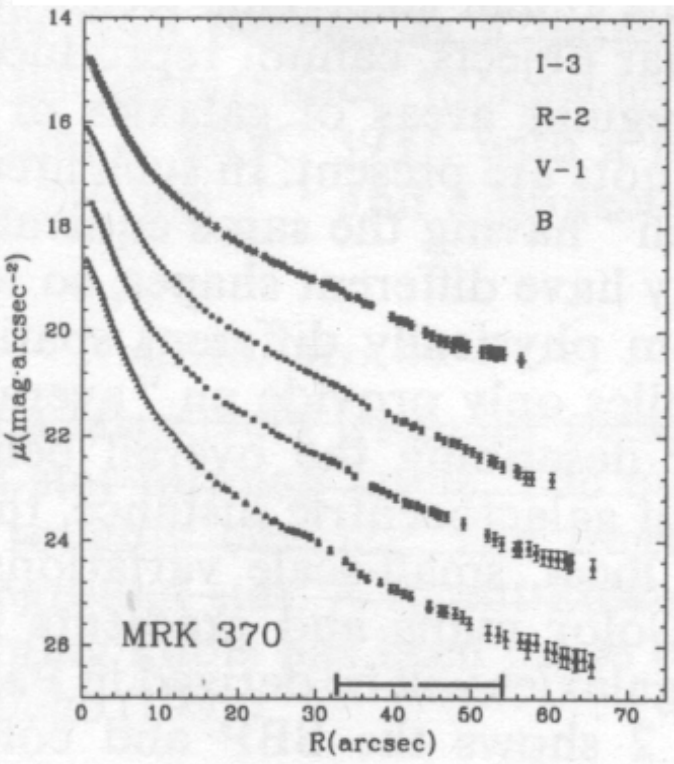
Cairós et. al., 2001

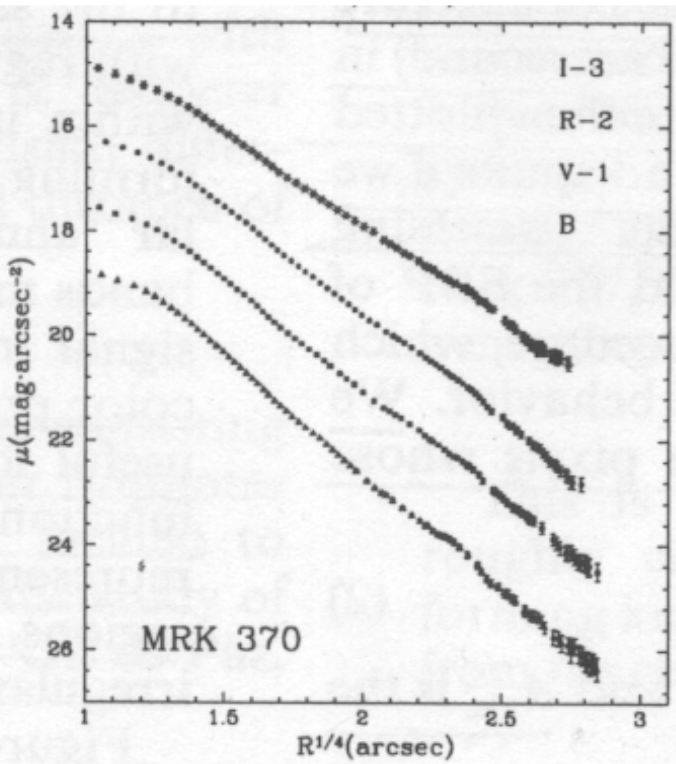


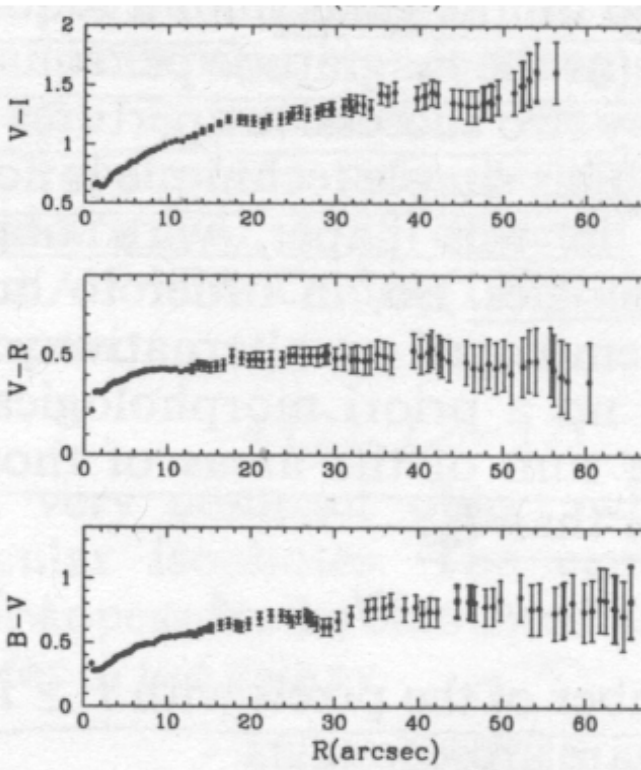
La muestra: *Mrk370*

Perfiles (Cairós et. Al, 2001)









La herramienta de ajuste

- El ajuste 1D de los SBPs presenta problemas en galaxias de morfología compleja, con isofotas mal definidas, cambiantes en elipticidad con el radio , etc...

- En nuestro caso, el ajuste 1D tradicional, ajustando elipses a las isofotas, resulta insuficiente.

- El ajuste 2D utiliza mucha más información de los datos, imponiendo mayores restricciones al ajuste. Además:

  - ✓ Mayor eficacia para recobrar los parámetros reales en descomposiciones B/D. (Byun & Freeman 1995 ; Wadadekar et al, 1999)

  - ✓ Reduce considerablemente posibles falta de unicidad en la solución cuando la descomposición es compleja. (Peng et al, 2002)

GALFIT *(Peng et al. 2002, AJ, 124: 266)*

- Escrito en C. Utiliza un número de funciones que puede combinar arbitraria y simultáneamente

- Permite ajustar un nivel de cielo. Éste puede cambiar significativamente la pendiente del SBP en las partes más externas al ajustar por Sérsic, por estar los errores en la substracción asociados con *n* en nuestro caso. *(Cairós et al, 2003)*

- Tiene en cuenta el efecto de seeing :

GALFIT modela una imagen y usa una convolución con la PSF antes de comparar con la imagen real. La convolución funciona bien tanto en alta como en baja S/N e imágenes submuestreadas (en ellas la deconvolución amplifica el ruido poissoniano y por pixelación). Utiliza una FFT como método, minimizando ?2 durante todo el ajuste para el que necesita 4 imágenes de input : CCD, PSF y dos máscaras (polvo y *bad pixels*) .

GALFIT

Perfiles:

a) Disco exponencial, $S(r) = S_0 \exp(-r/r_s)$

Parámetros libres: (x_c , y_c), F_t, r_s, c, q, P.A

b) Sérsic, $S(r) = S_e \exp[-k\,(r/r_e)^{1/n} - 1]$, $k \sim 2n - 0.331$

Parámetros libres: (x_c , y_c), F_t, r_e, n, c, q, P.A

c) Gaussiano, $S(r) = S_0 \exp(-r^2/2s^2)$

Parámetros libres: (x_c , y_c), F_t, c, q, P.A

d) Lorentz/Moffat, $S(r) = S_0 / [1+(r/r_d)^2]^n$

Parámetros libres: (x_c , y_c), F_t, r_d, c, q, P.A

e) Nuker law (Lauer, 1995), $I(r) = I_b\, 2^{(ß-?)/a}\, (r/r_b)^{-?}\, [1+(r/r_b)^{a}]^{(?-ß)/a}$

Parámetros libres: (x_c , y_c), I_b, r_b, a, ß, ?

GALFIT

Consideraciones:

• el 99% del tiempo y memoria se lo lleva la convolución.

• permite reducir el área a ajustar y a convolucionar (ej. la más afectada por seeing) además de poder dejar fijo algún parámetro, lo que ahorra tiempo de computo.

Implementación: El proceso es transparente al usuario, quien sólo debe preparar un archivo de texto como input.

Pasos:

a) normalización y preparación de la PSF para la convolución
b) extracción de la subimagen (eventualmente)
c) creación de imágenes modelo
d) extracción de la sección a convolucionar
e) convolución (utiliza una FFT)
f) minimización de residuos (método de Levenverg-Masquardt)
g) Creación del output: bloque FITS + 2 archivos de texto

Input: *ejemplo*

```
# Comments, like this line, are preceded by a #

# IMAGE PARAMETERS
A) v.fits               # Input data image (FITS file)
B) v-output.fits        # Name for the output image
C) none                 # Noise image name (made from data if blank or "none")
D) psf.fits             # Input PSF image for convolution (FITS file)
E) dust.fits            # Pixel mask (ASCII file or FITS file with non-0 values)
F) constraints          # Parameter constraint file (ASCII)
G) 100 700 100 700      # Image region to fit (xmin xmax ymin ymax)
I) 60   60              # Size of convolution box (x y)
J) 22.563               # Magnitude photometric zeropoint
K) 0.05   0.05          # Plate scale (dx dy)  [arcsec/pix.  Only for Nuker.]
O) both                 # Display type (regular, curses, both)
P) 0                    # Create output image only? (1=yes; 0=optimize)
S) 0                    # Modify/create objects interactively?

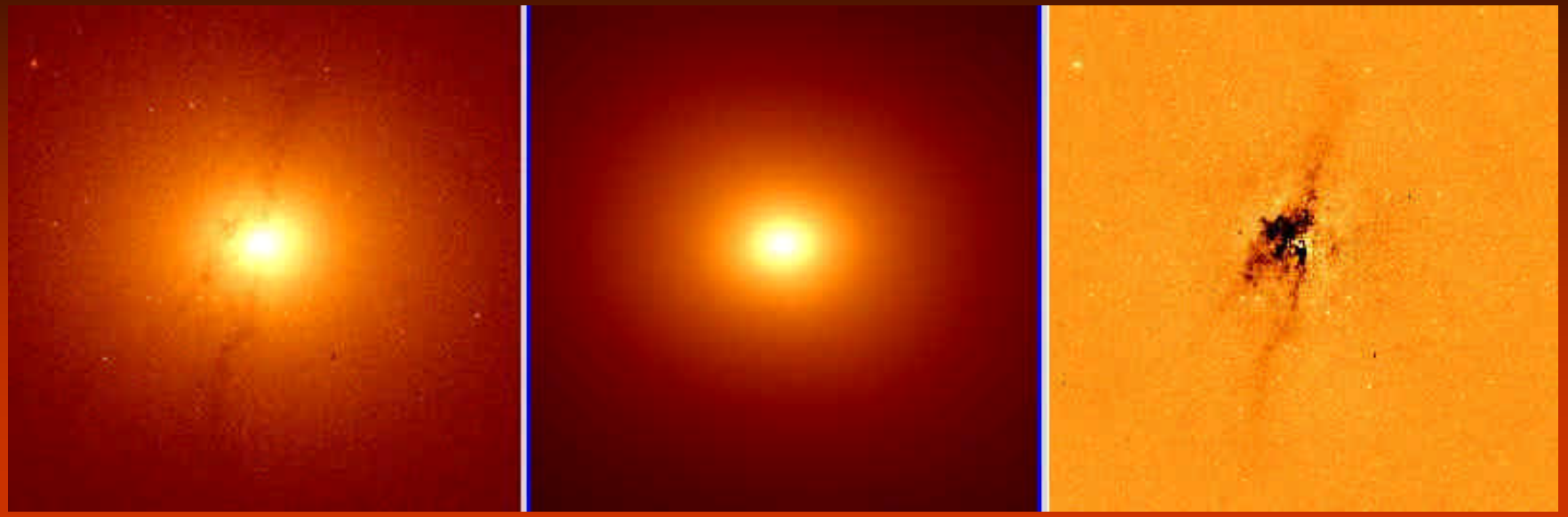
# Start a list of objects below here.....

# Object number: 1
 0) sersic              # Object type
 1) 321.  546.  1 1     # position x, y        [pixel]
 3) 20.00      1        # total magnitude
 4) 4.30       1        #     R_e              [Pixels]
 5) 5.20       1        # Sersic exponent (deVauc=4, expdisk=1)
 8) 0.30       1        # axis ratio (b/a)
 9) 10.0       1        # position angle (PA)  [Degrees: Up=0, Left=90]
10) 0.5        1        # diskiness (< 0) or boxiness (> 0)
 Z) 0                   # Output option (0 = residual, 1 = Don't subtract)


# To add more functions to fit, just extend the object list (0-10, Z) with
# more objects.  The IMAGE PARAMETERS (A-S) do not need to be repeated.
```

Output: *ejemplos del programa*

ngc4589 con 3 perfiles de Sérsic



espiral con Sérsic en el bulbo y un disco exponencial



Peng et al. 2002

GALFIT

Problemas:

- Mala solución: overflow de los índices, matriz de parámetros singular, o alcanzar un mínimo local.

- Degeneración en la solución. La falta de unicidad se debe a que las f unciones ajustadas no responden a criterios físicos.

Actualmente:

- Testeo de GALFIT con galaxias sintéticas para analizar cómo varían los parámetros estructurales entre si, buscando posibles correlaciones.

- Pruebas con distintos niveles de ruido, background, etc...

→ restricciones a la hora de correr el programa con la muestra.

Finalmente...

- Hasta final de 2004 trabajaremos en el modelado 2D de Mrk370, analizando las limitaciones del programa. Se compararán los perfiles obtenidos con los perfiles 1D

- Durante 2005 trabajaremos sobre la interpretación física y la relación con la historia de la formación estelar de la galaxia. Presentación del DEA.