

# Estudio espectral integrado de cúmulos abiertos de pequeño diámetro angular

Andrea Verónica Ahumada





Contents lists available at ScienceDirect

New Astronomy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/newast](http://www.elsevier.com/locate/newast)

## Integrated spectral study of small angular diameter galactic open clusters

J.J. Clariá <sup>c,a,\*</sup>, A.V. Ahumada <sup>c,a,1</sup>, E. Bica <sup>b</sup>, D.B. Pavani <sup>b,1</sup>, M.C. Parisi <sup>c,a,1</sup>

<sup>a</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CPC 1425FQB, Argentina

<sup>b</sup> Departamento de Astronomía, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500 Porto Alegre, RS-91501-970, Brazil

<sup>c</sup> Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba, Laprida 854, Córdoba, Argentina

# ¿Por qué estudiar cúmulos abiertos?

CEs: “*building blocks*” poblacionales → edades y  $Z$

OCs: disco de la VL → propiedades!

Evolución química de la VL → gradiente(s)?

OCs ~ viejos → historia del disco de la VL



# La espectroscopía integrada

Bica & Alloin (1986a, 1986b)

EWs (espectros integrados CEs):  $f(\text{edad}, Z)$

Bica (1988)

Espectros de OCs  $\rightarrow$  síntesis de poblaciones de galaxias

# La espectroscopía integrada

Bica & Alloin (1986a, 1986b)

Bica (1988)

Estudiar propiedades integradas de CEs (edad, ER, Z)  
Espectros integrados → mejorar bibliotecas de templates

# La espectroscopía integrada

Bica & Alloin (1986a, 1986b)

Bica (1988)

VL: OCs (Ahumada et al. 2000)

GCs (Schiavon et al. 2005)

LMC: Colucci et al. (2012), Ahumada et al. (2016)

SMC: Talavera et al. (2010), Dias et al. (2010)

“y más allá”: Colucci et al. (2017)

Simanton-Coogan et al. (2017)

# La espectroscopía integrada. Observaciones

Complejo Astronómico el Leoncito (CASLEO)

*Telescopio “Jorge Sahade”* (2.15 m)

Espectrógrafo: REOSC (DS)

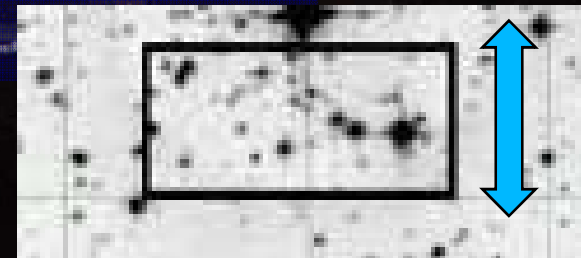
Red: 300 l/mm (dispersión =  $3.4 \text{ \AA}/\text{pix}$ )

Rango espectral: (3800-6800)  $\text{\AA}$

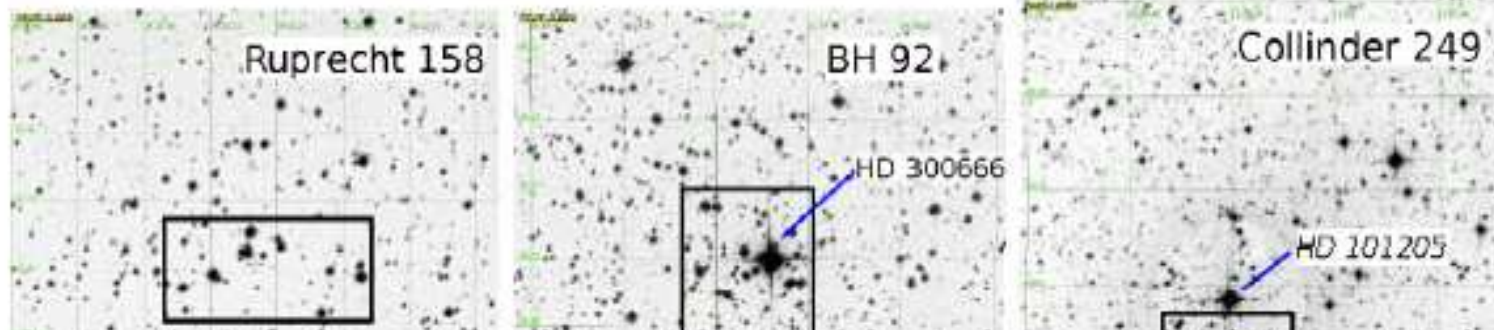
Ranura: 400  $\mu$  (resolución  $\sim 14 \text{ \AA}$ )

Observaciones: orientación: E-W

barrido: N-S

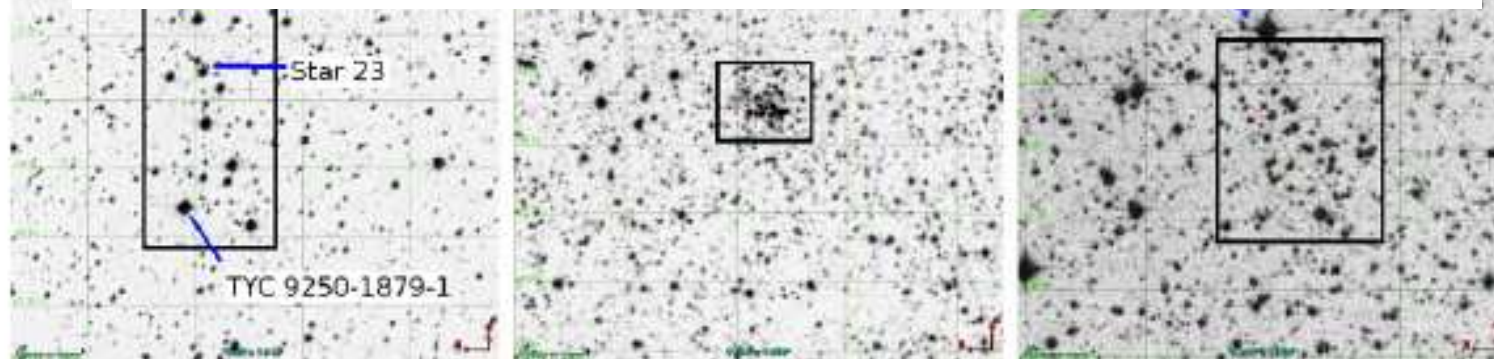






Cluster	$l$ ( $^{\circ}$ )	$b$ ( $^{\circ}$ )	$\alpha_{2000}$ (h:m:s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ :':")	$D$ (')
Ruprecht 158	259.56	4.44	8:52:27	-37:34:00	2.0
BH 92	282.98	0.44	10:19:07	-56:25:00	2.0
Collinder 249*	294.85	-1.65	11:38:20	-63:22:22	65.0
Harvard 5	299.97	1.97	12:27:10	-60:46:00	5.0
Hogg 14	300.08	2.94	12:28:39	-59:48:36	3.0
NGC 4463	300.64	-2.01	12:29:56	-64:47:24	6.0
ESO 065-SC07	305.99	-8.62	13:29:17	-71:16:06	4.0
Pismis 23	334.67	0.43	16:23:48	-48:55:00	1.0
Ruprecht 122	344.28	1.57	16:55:08	-40:56:35	3.0

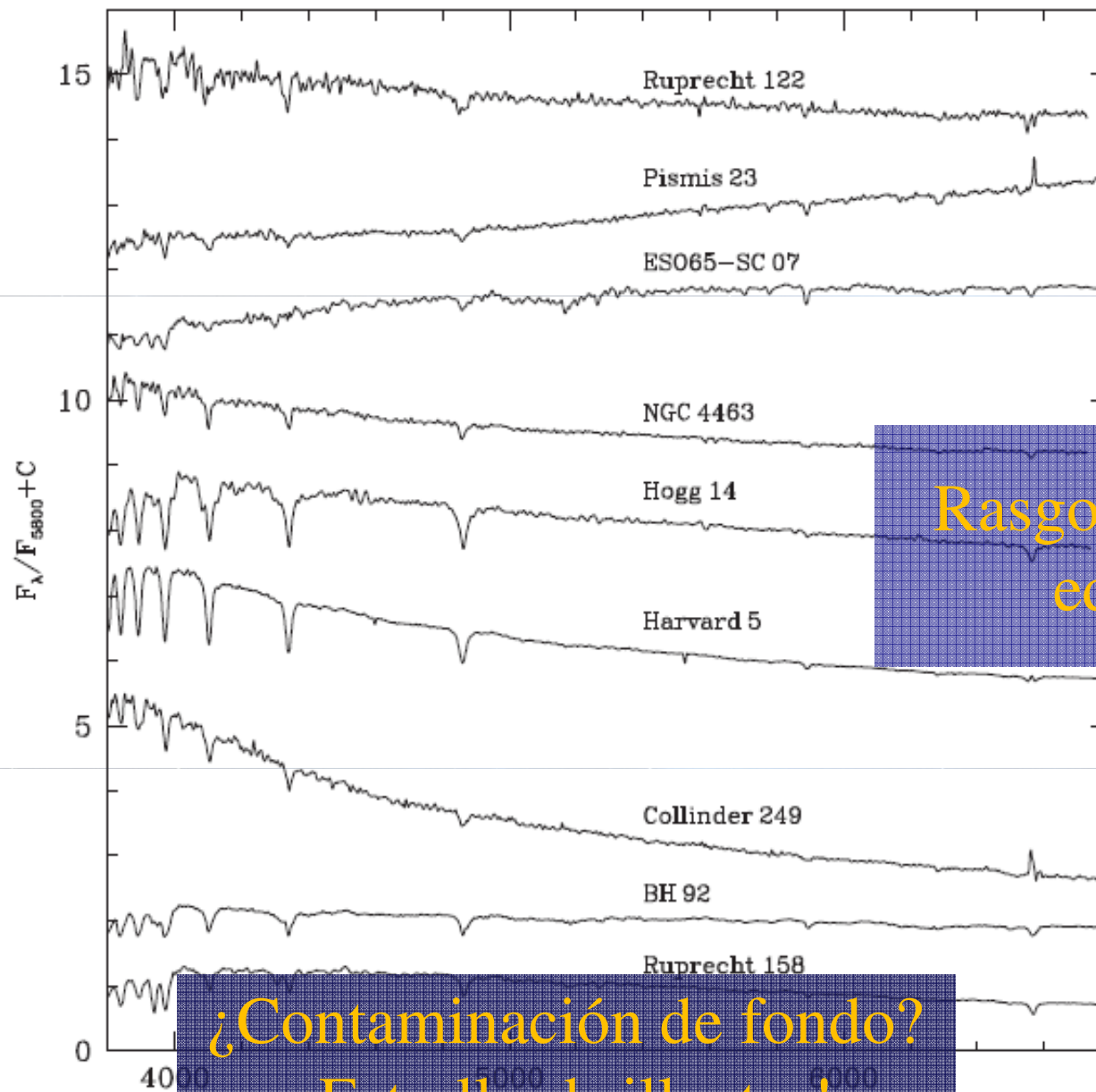
\* Only the central part ( $\sim 2'$ ) of Cr 249 was observed



↓ D:

ión

# Espectros integrados



Rasgos espectrales:  
edad + ER

¿Contaminación de fondo?  
¡Estrellas brillantes!

# Determinación de parámetros

## Método de *template matching*

Lograr el mejor ajuste entre:  
continuo & líneas

espectro observado  $\leftrightarrow$  templates

# Método de los EWs

Edad independiente del ER

EWs:  $f(\text{edad})$

(Bica & Alloin '86, Santos & Piatti '04)

# Método de los EWs

Edad independiente del ER

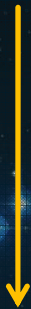
(Bica & Alloin '86, Santos & Piatti '04)

↓  
Selección de templates

# Método de los EWs

Edad independiente del ER

(Bica & Alloin '86, Santos & Piatti '04)



Selección de templates

Variar ER y template: ajustar continuo & líneas  $\leftrightarrow$  espectro OC

- Fast Integrated Spectra Analyzer (FISA)

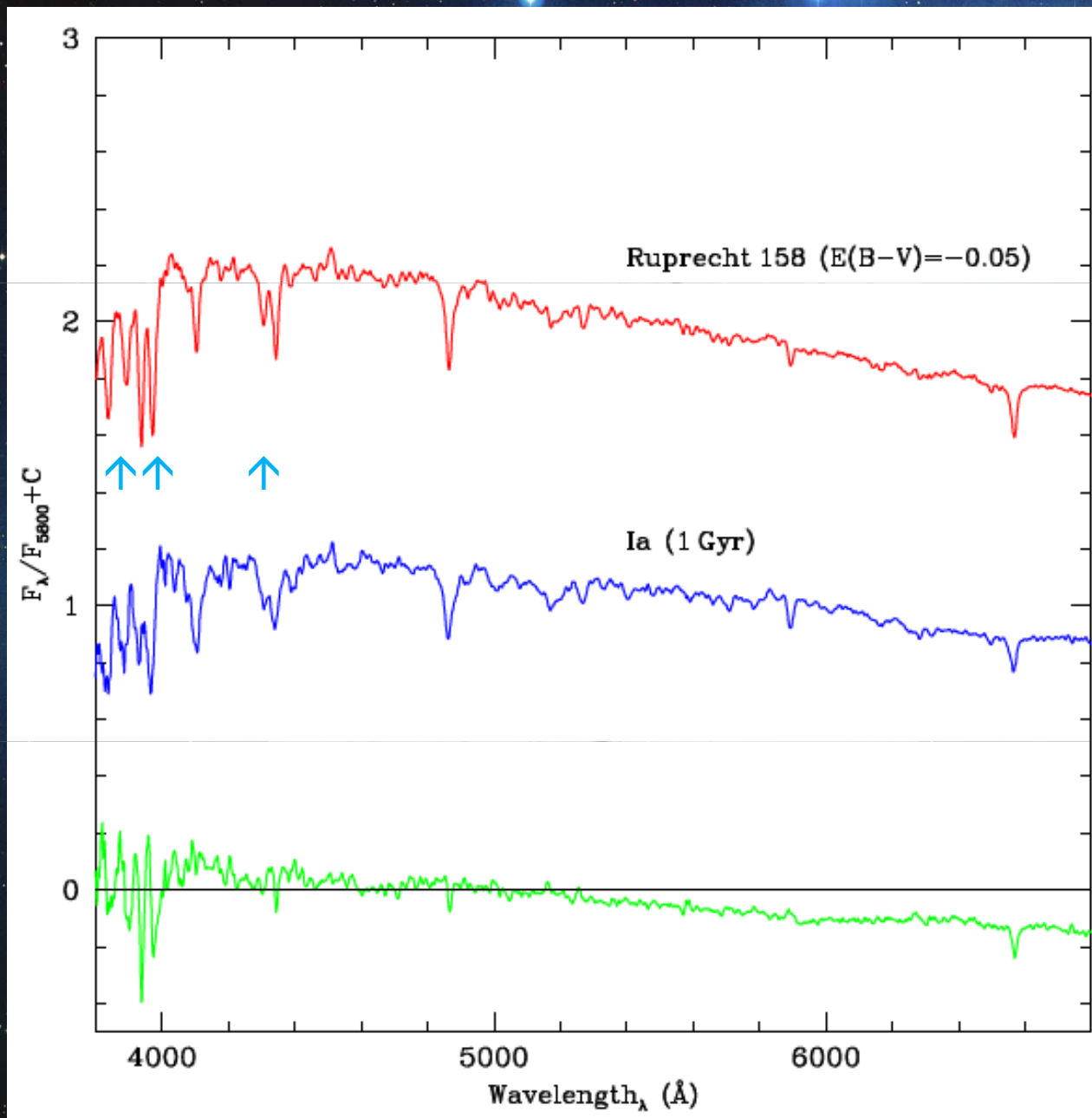
(Benítez-Llambay et al. '12)

- Biblioteca de templates de OCs

(Piatti et al. '02, Ahumada et al. '07) + (Silva & Cornell '92)

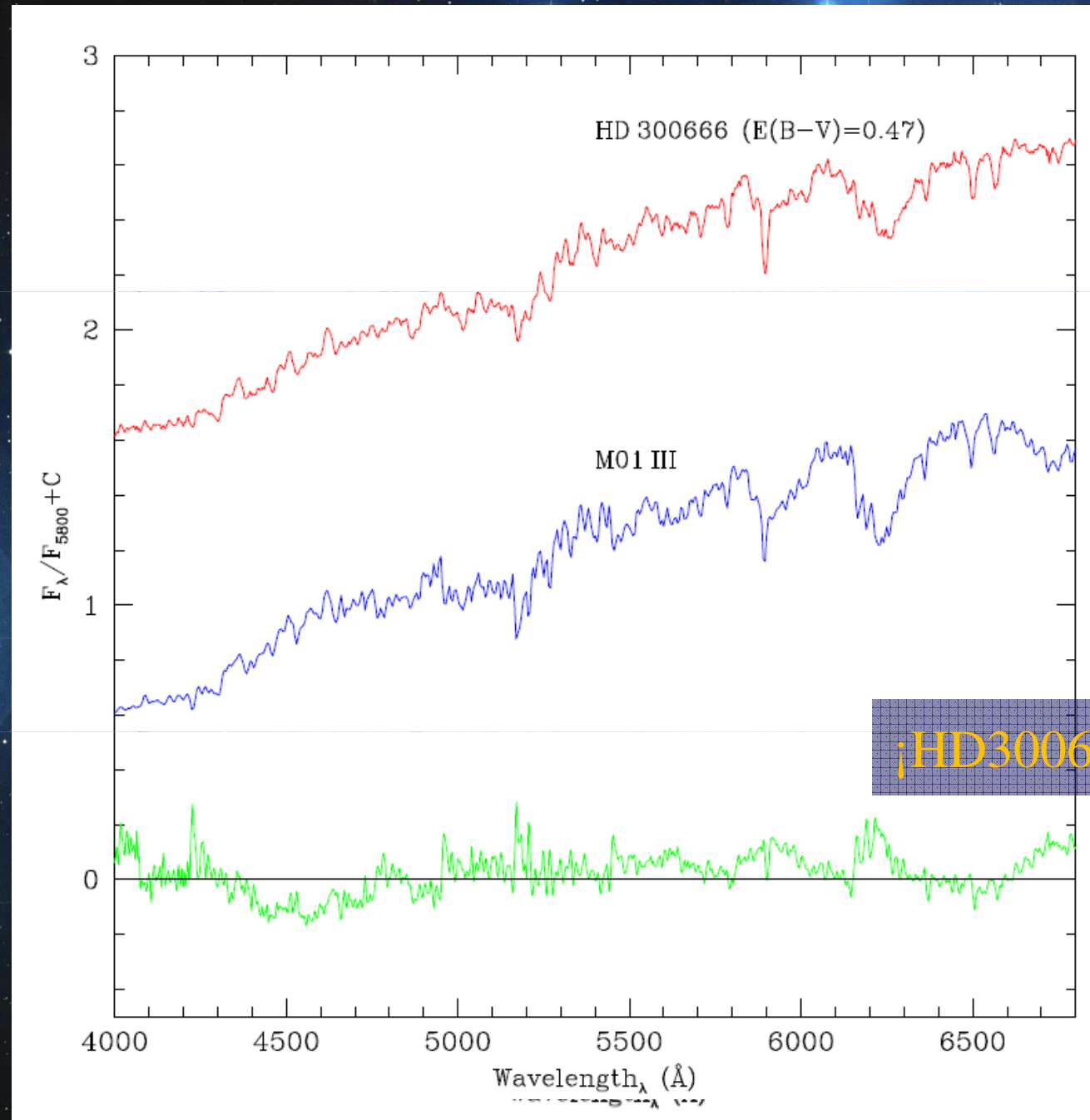
Residuo del ajuste =  $(F_{\text{OC}} - F_{\text{template}}) / F_{\text{OC}} ; \chi^2$

# Rup158 (III-2p): realmente un OC? (Vázquez et al. '15)



# BH92 (II-2p): joven o viejo?

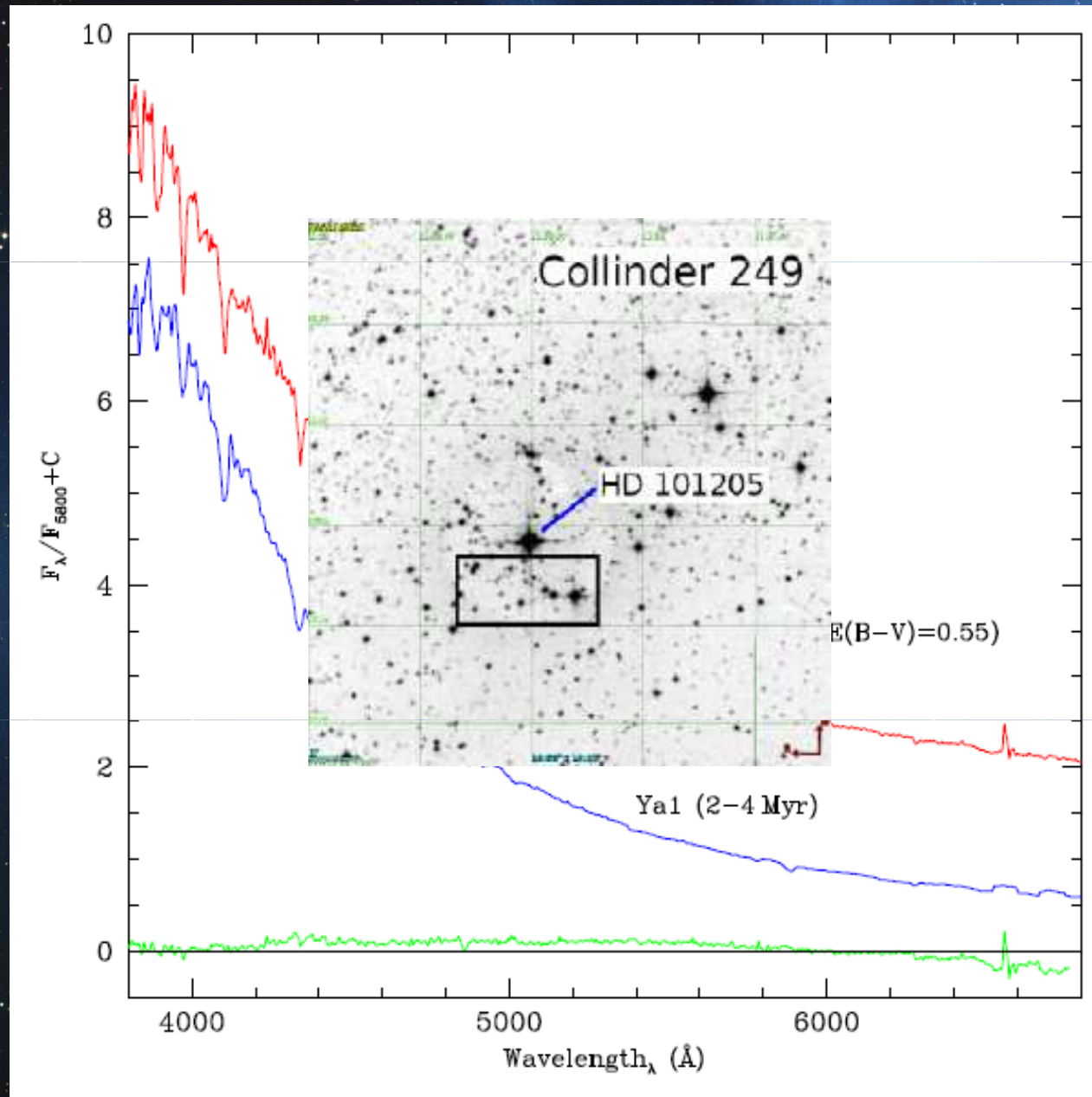
(Bucowiecki et al. '11, Kharchenko et al. '13)



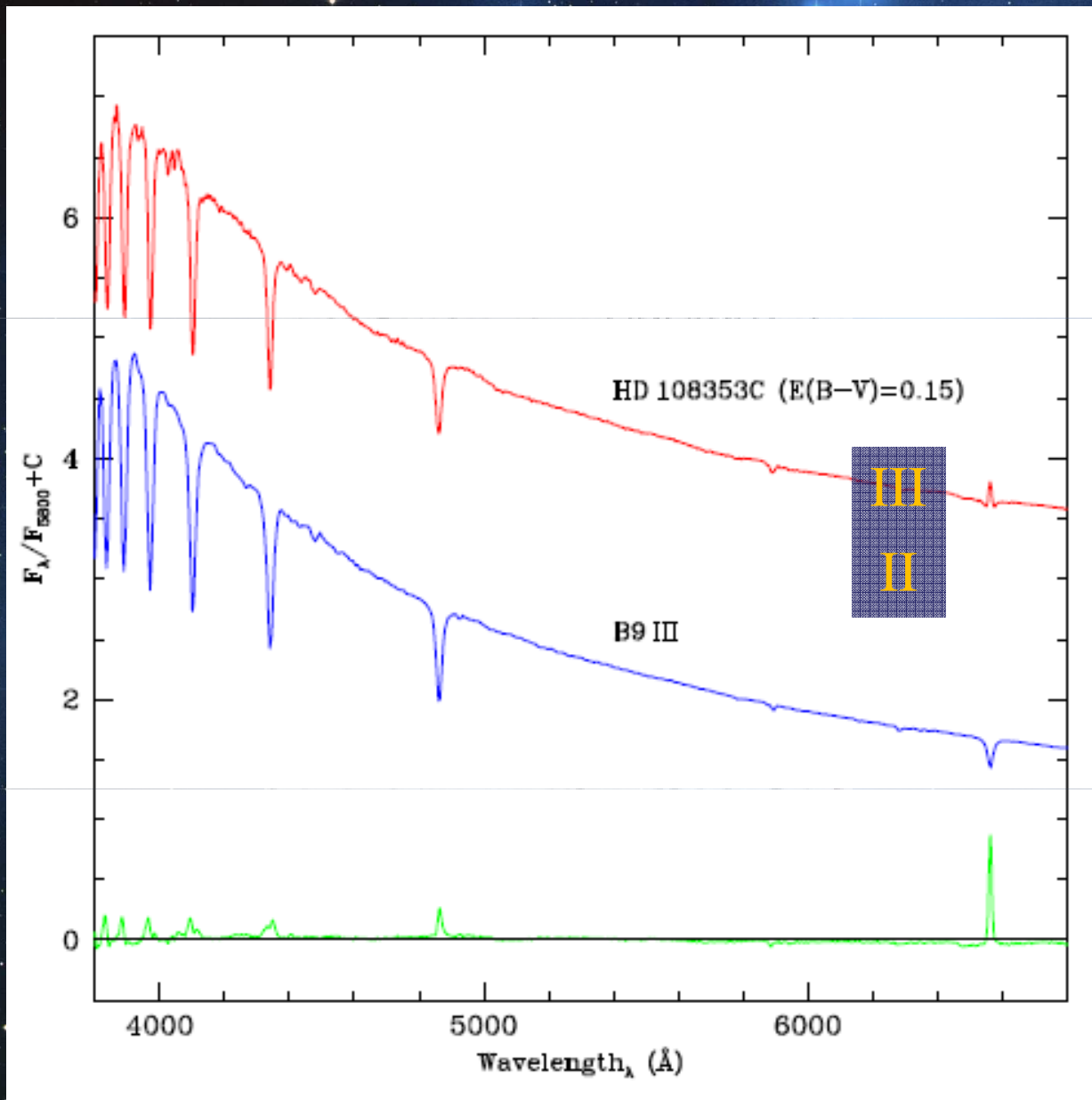
¡HD300666 es miembro!



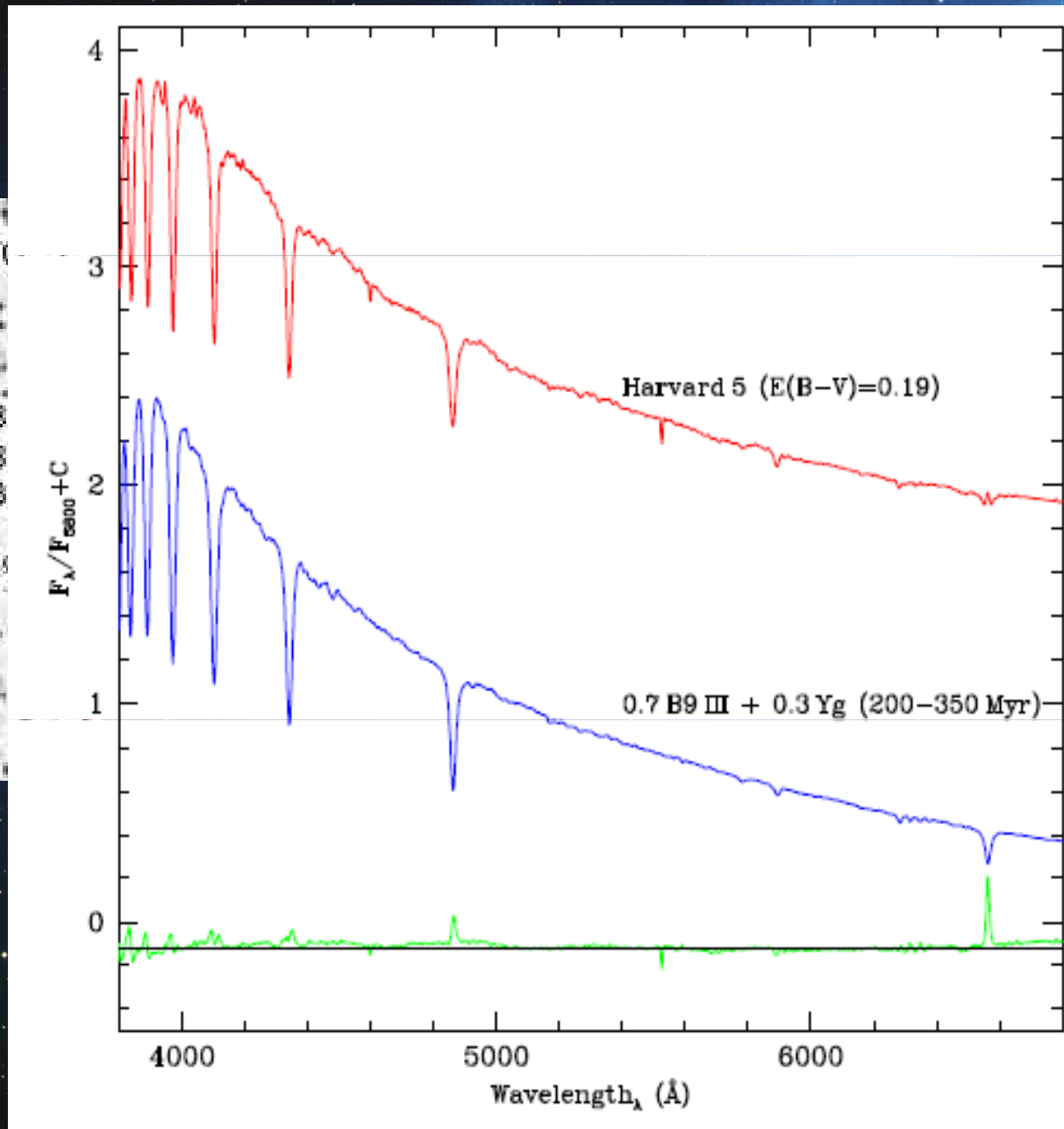
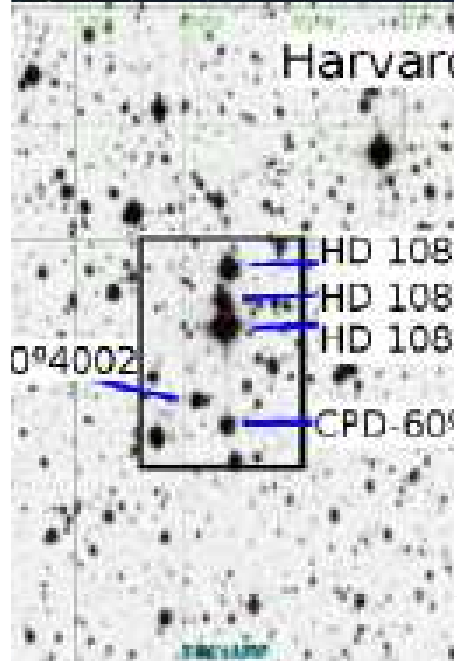
# Centro de Cr249 (III-m,n): ER variable, joven (Baume et al. '14)



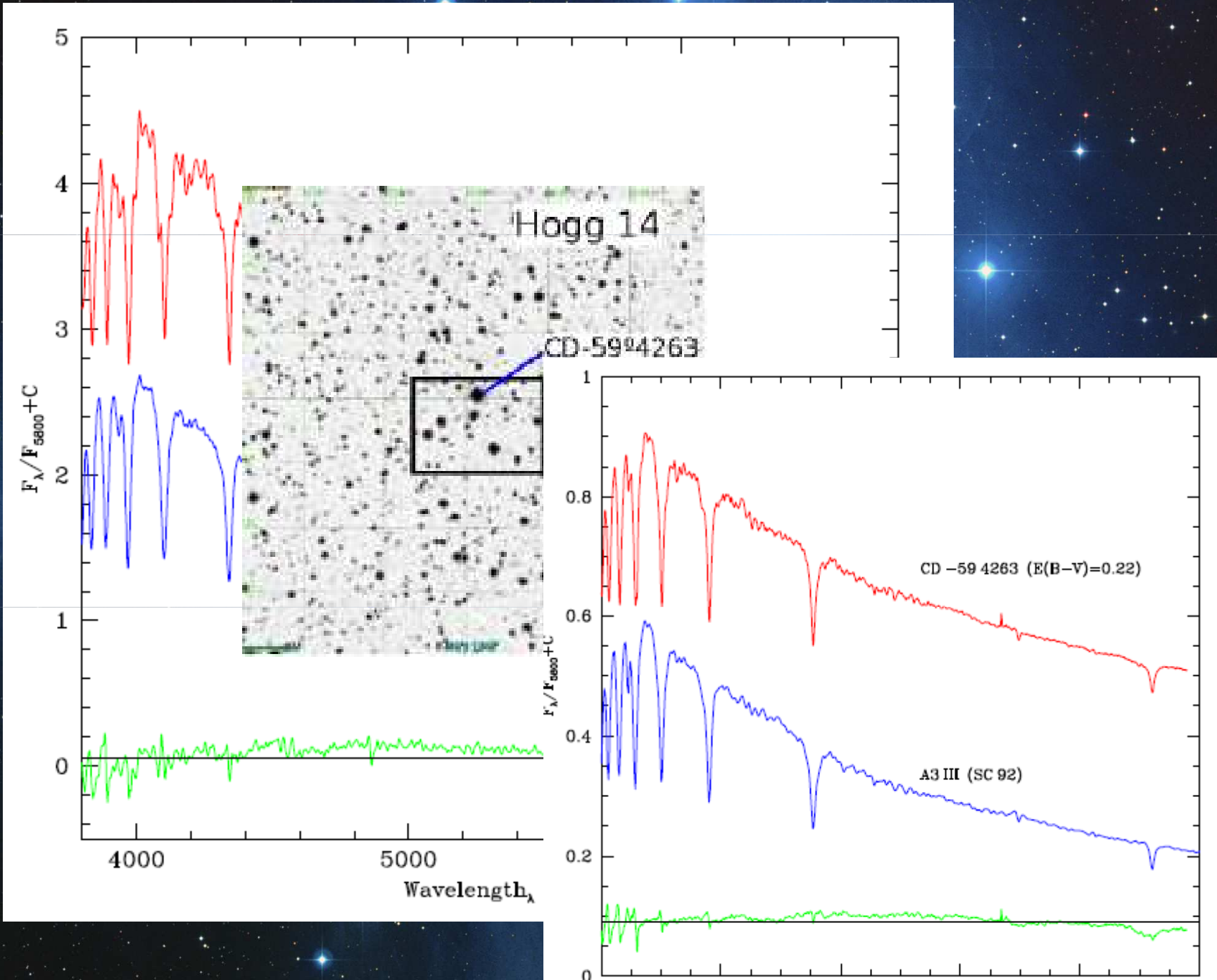
# Cr258 (II3p): Harvard 5!



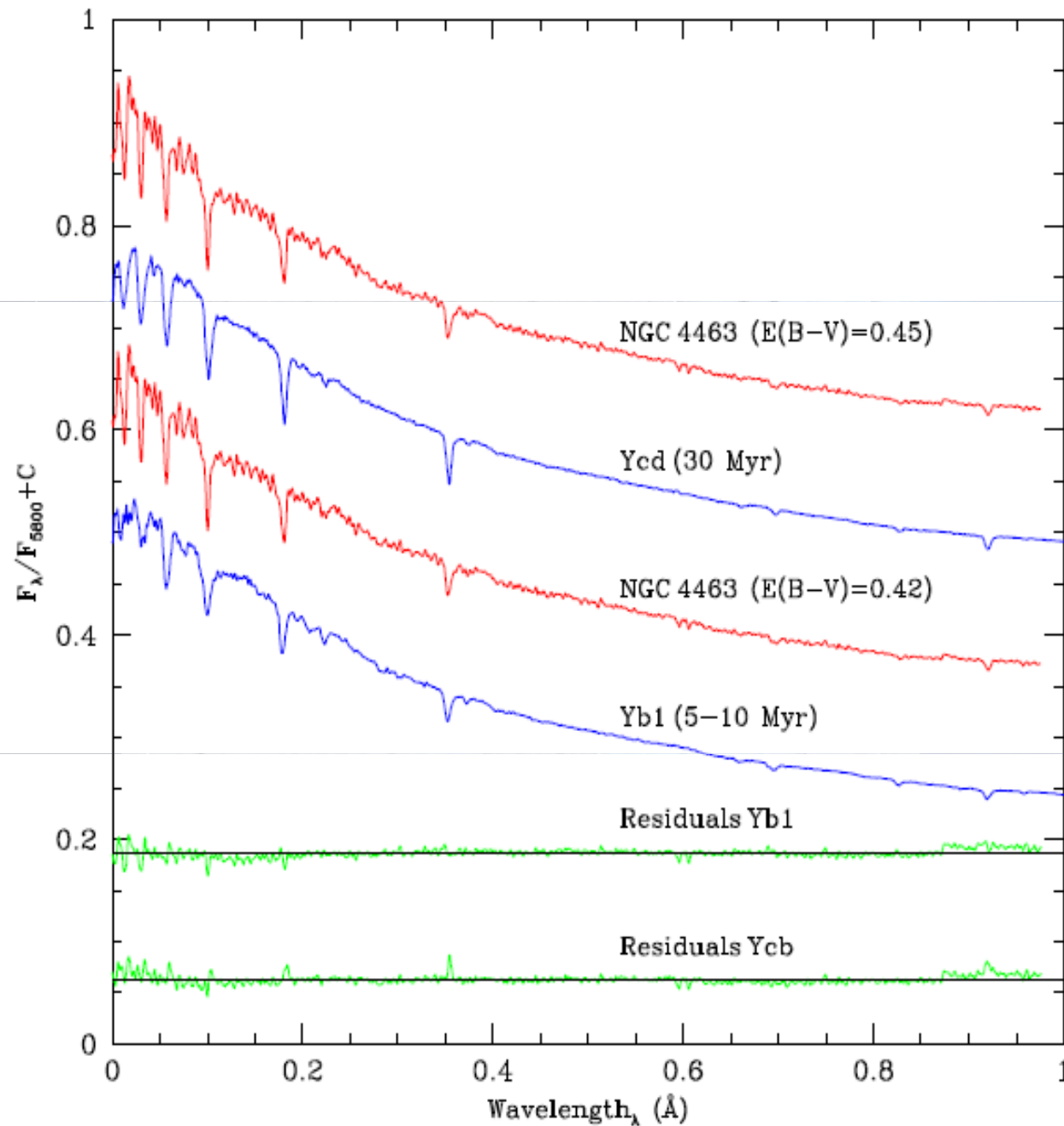
# Harvard 5



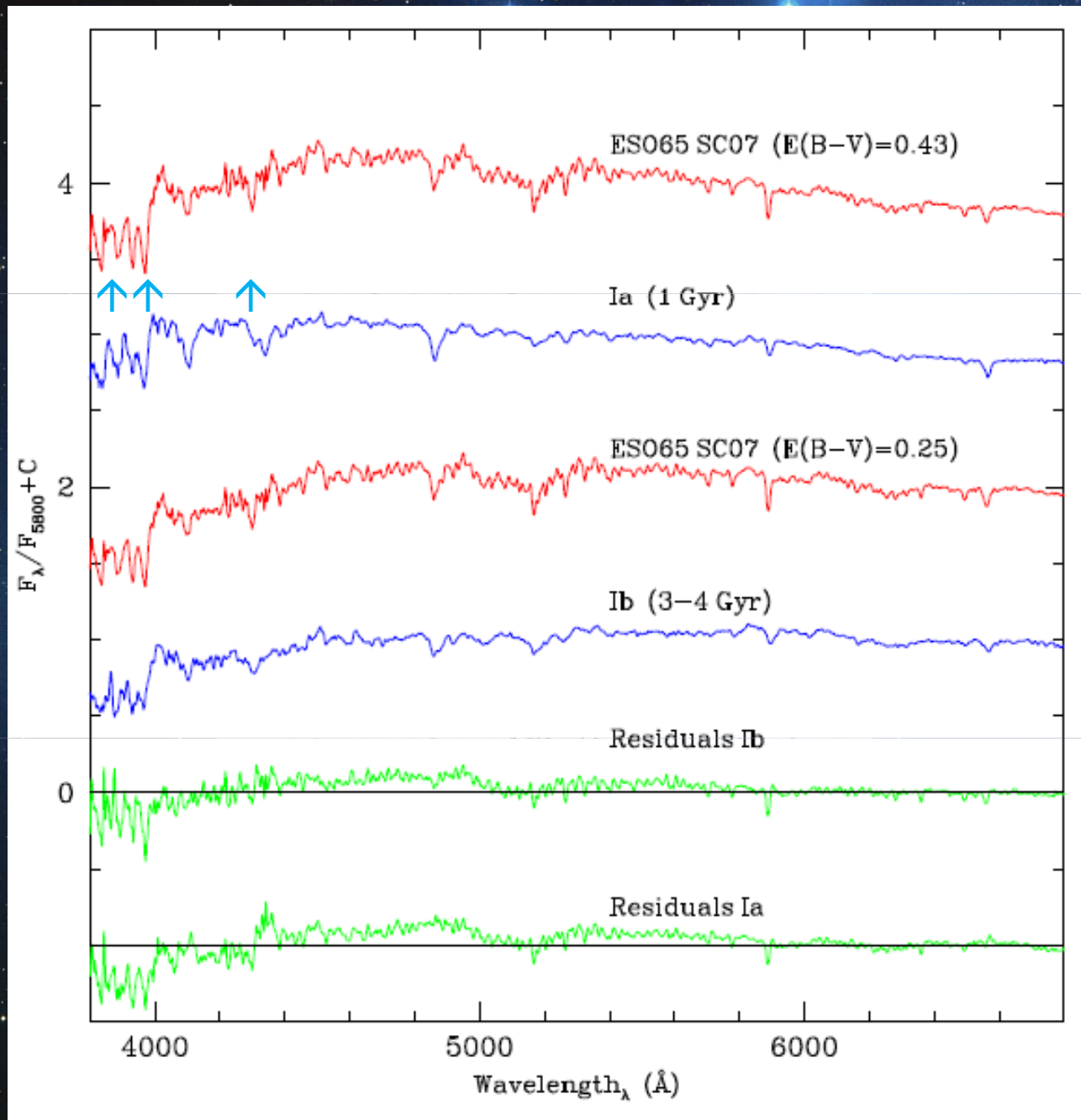
# Hogg 14 (II3p): espectros individuales



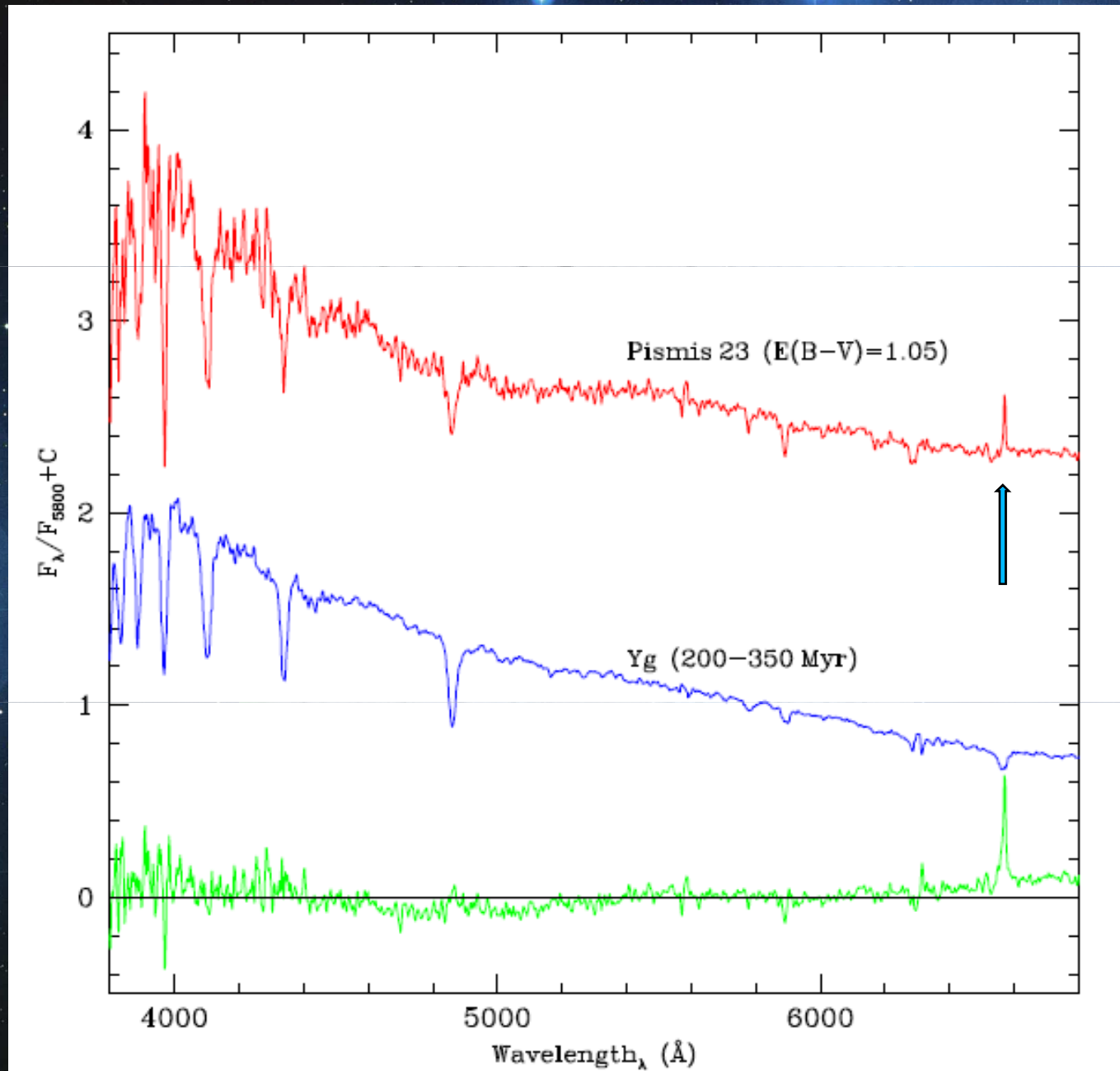
# NGC4463 (I3m): atención al campo!



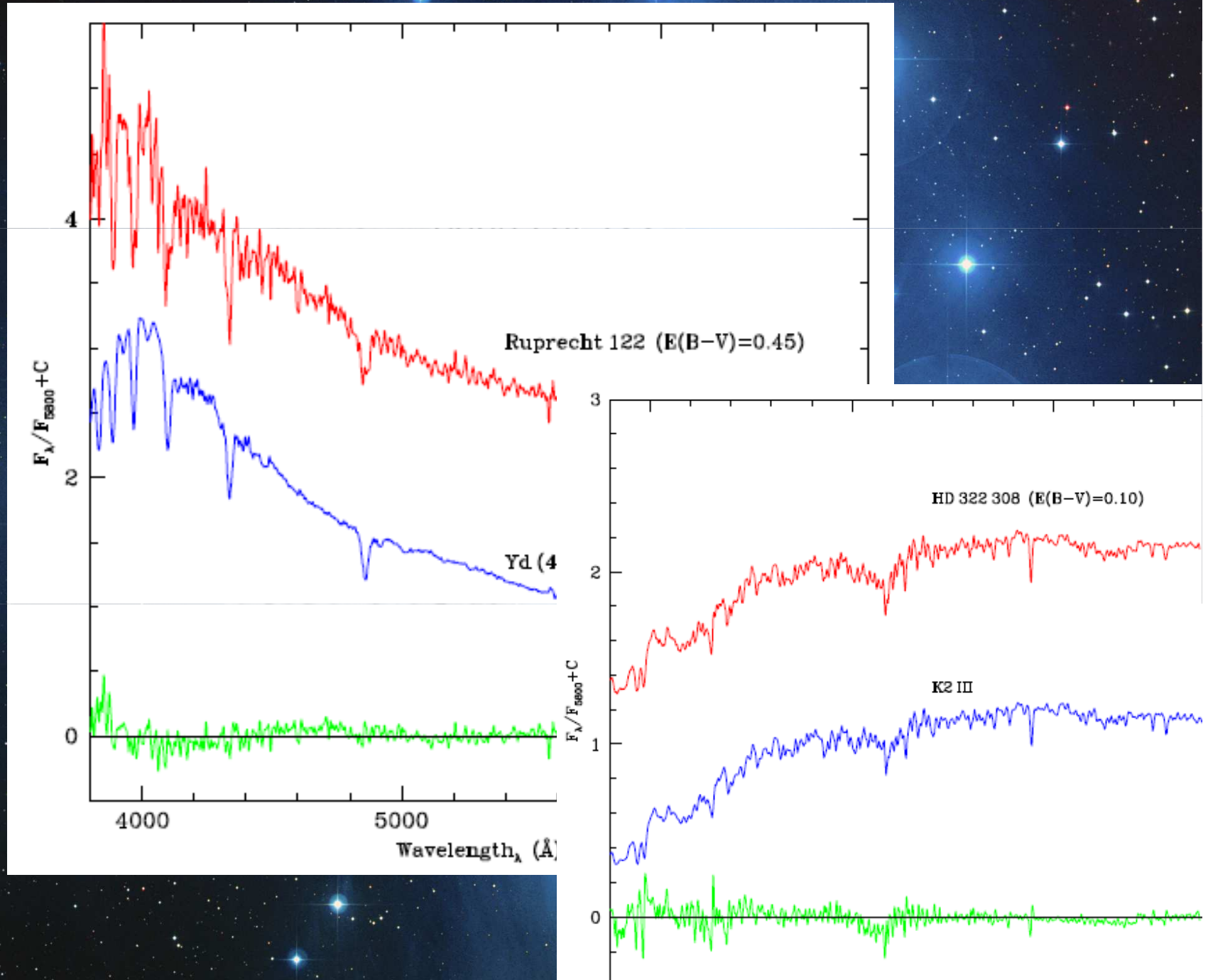
# ESO65-SC07 (III2): IAC



# Pi23 (II-2m): HII contaminación?



# Rup122: edad y ER?





Cluster	This work	
	$E(B - V)$ (mag)	Age ( $\times 10^6$ yr)
Ruprecht 158	$0.00 \pm 0.05$	$1000 \pm 500$
BH 92	$0.28 \pm 0.05$	$400 \pm 200$
Collinder 249	$0.55 \pm 0.10$	$3 \pm 1$
Harvard 5	$0.19 \pm 0.05$	$200 \pm 100$
Hogg 14	$0.22 \pm 0.05$	$250 \pm 100$
NGC 4463	$0.43 \pm 0.03$	$19 \pm 10$
ESO 065-SC07	$0.34 \pm 0.05$	$2200 \pm 1000$
Pismis 23	$1.05 \pm 0.50$	$360 \pm 150$
Ruprecht 122	$0.40 \pm 0.05$	$40 \pm 20$

Cluster	This work		Literature		
	$E(B - V)$ (mag)	Age ( $\times 10^6$ yr)	$E(B - V)$ (mag)	Age ( $\times 10^6$ yr)	Ref*.
Ruprecht 158	$0.00 \pm 0.05$	$1000 \pm 500$	0.40 0.19	1400 1800	(1)
BH 92	$0.28 \pm 0.05$	$400 \pm 200$	0.19 0.54	812 56	(8)
Collinder 249	$0.55 \pm 0.10$	$3 \pm 1$	0.50	4.4	(1)
			0.28–0.45	3.0	(5)
Harvard 5	$0.19 \pm 0.05$	$200 \pm 100$	0.21	224	(1)
			0.19	–	(3)
			0.17	–	(4)
Hogg 14	$0.22 \pm 0.05$	$250 \pm 100$	0.23	126	(1)
			0.28	–	(4)
NGC 4463	$0.43 \pm 0.03$	$19 \pm 10$	0.35	93	(1)
			0.44	–	(4)
			0.42	28	(8)
			0.39	(12–32)	(9)
ESO 065-SC07	$0.34 \pm 0.05$	$2200 \pm 1000$	0.29	2500	(1)
			0.48	1230	(8)
Pismis 23	$1.05 \pm 0.50$	$360 \pm 150$	1.46	367	(1)
			2.00	300	(6)
			1.73	700	(7)
			1.54	251	(8)
Ruprecht 122	$0.40 \pm 0.05$	$40 \pm 20$	0.42	40	(1)
			0.87	112	(8)

Netopil et al. (2015)

\*References: (1) K13; (2) Costa et al. (2015); (3) Clariá et al. (1989); (4) MV73; (5) Baume et al. (2014); (6) Piatti and Clariá (2002); (7) Ortolani et al. (2002); (8) B11; (9) Delgado et al. (2011).

(1) Kharchenko et al. '13, (8) Bucowiecki et al. '11

# Resumen

Espectros integrados de 9 OCs

Determinación simultánea de edad y ER

$$\sim 3 \text{ Myr} < t < \sim 2 \text{ Gyr}$$

$$\sim 0.0 < E(B - V) < \sim 1.1$$

Buen acuerdo (Rup158 y BH92)

Información independiente de CMDs

Espectros individuales en 5 OCs: confirmar membrecía

# Trabajo en curso

- Complementar con los 46 OCs estudiados
- Mejorar biblioteca de templates ( $Z_{\text{sun}}$ )



Estudiar poblaciones estelares compuestas

¡Muchas gracias!

[andrea@oac.unc.edu.ar](mailto:andrea@oac.unc.edu.ar)