

Ruprecht 44 y la estructura espiral externa de la Galaxia

E. E. Giorgi ¹, G. R. Solivella ¹, R. A. Vázquez ¹ & M.A. De Laurenti ²

1-FCAG-UNLP-IALP-CONICET

2-Observatorio Astronómico Municipal de Mercedes «Ing. Ángel Di Palma»

Resumen

Presentamos los primeros resultados de un estudio fotométrico CCD UBVI complementado con clasificación espectral MK y datos 2MASS, centrado en la región del cúmulo abierto Ruprecht 44. Este objeto, ubicado en las coordenadas $l=245.74^\circ$ y $b=0.48^\circ$ en la asociación Puppis, forma parte de la denominada ventana de FitzGerald, una zona de muy baja absorción interestelar, a través de la cual es posible examinar en el óptico la estructura espiral exterior al círculo solar. Los estudios previos sugieren que Ruprecht 44 está a casi 6 kpc del Sol, no lejos angularmente del complejo joven integrado por los cúmulos Haffner 18 y Haffner 19, que también se encuentran sobre el plano formal de la Galaxia y a distancias de 10 y 6 kpc aproximadamente. La determinación precisa de la distancia a la que se extiende de la población azul del campo de Ruprecht 44 por medio de la paralaje espectroscópica permite analizar junto a otros datos obtenidos recientemente la forma en que la estructura de gran diseño se desarrolla en el tercer cuadrante galáctico.

Observaciones

Los datos espectroscópicos de la región de Ruprecht 44 se obtuvieron durante tres turnos de observación en los meses de marzo de 2012 y febrero y marzo de 2013 en el Complejo Astronómico el Leoncito (CASLEO). Se utilizó el telescopio de 2.15m equipado con el espectrógrafo REOSC-DS y un detector Tek de 1024x1024 px.. Los espectros fueron obtenidos en el rango de 3900 a 5500 Å para la realización de la clasificación MK. Los datos fotométricos se obtuvieron en enero de 2013 en el Observatorio Astronómico municipal de Mercedes (OAMM), con el telescopio de 60 cm, equipado con una cámara CCD SBIG STL-11000M y filtros UBVI. Por otra se obtuvieron imágenes de la región central del cúmulo en CASLEO en marzo de 2013, utilizando el telescopio de 2.15m equipado con un CCD Roper 1300B y filtros UBVI. Las regiones observadas en ambos telescopios están indicadas en la Fig.1 En la misma noche se observaron varios campos de Landolt (1992) para realizar la calibración de los datos al sistema estándar.

Análisis

El cúmulo abierto Ruprecht 44 se encuentran inmerso en una zona en la que se observan numerosas estrellas de tipo OB, y por lo tanto es considerado un cúmulo joven ideal para ser utilizado como trazador de la estructura espiral de la Galaxia. Moffat & FitzGerald (1974) identificaron a este cúmulo como una concentración de estrellas jóvenes situadas a una distancia de 6.6 kpc y con un enrojecimiento uniforme ($E(B-V)=0.70$). Por otro lado Turner (1981) plantea que los miembros del cúmulo se ubicarían a una distancia de aproximadamente 4.6 kpc.

El análisis realizado con datos 2mass alrededor de Ruprecht 44, nos muestra en la Fig. 2 y Fig. 3 que existe un aumento en la densidad de estrellas en la región central y hasta una distancia de aproximadamente 5 minutos de arco, en donde se alcanzan valores de densidad similar al resto del campo.

En este trabajo buscamos la obtención de los tipos espectrales de algunas de las estrellas más brillantes de la región, para conseguir mediante la combinación con los datos fotométricos, las distancias a estas estrellas por medio de la paralaje espectroscópica. Algunos de los espectros obtenidos se muestran en la Fig. 4, y los resultados de las distancias espectro-fotométricas y enrojecimientos individuales calculados se resumen en la Tabla 1.

Por otra parte, los diagramas fotométricos nos permiten hacer una estimación del $E(B-V)$ y distancia para todo el conjunto de estrellas. En la Fig. 5 se muestran los diagramas V vs. $B-V$ y $U-B$ vs. $B-V$ para las estrellas de la zona central únicamente y en la Fig. 6 se muestra el diagrama V vs. $B-V$ de todas las estrellas observadas y se destacan las estrellas con información espectral. Del diagrama color-color se deduce que si bien existe una gran dispersión en los valores de enrojecimiento, podemos adoptar un exceso promedio $E(B-V)=0.65$ para las estrellas más brillantes, lo cual concuerda con los valores de exceso individuales mostrados en la Tabla 1. Al analizar las distancias, a partir de los datos espectrofotométricos comprobamos que existen en esta dirección algunas estrellas cercanas, pero también objetos más lejanos entre los que podemos distinguir algunos con distancias entre 4000 y 5000 pc, otro grupo entre 5500 y 6500 pc y las estrellas más lejanas con distancias aproximadas entre 7500 y 8000 pc. Estos estrellas podrían estar asociados a los brazos de Perseo y a la parte interna del brazo externo de la Galaxia. En la Fig. 7 puede verse un esquema de la ubicación de los brazos espirales según el modelo de Vallé (2005).

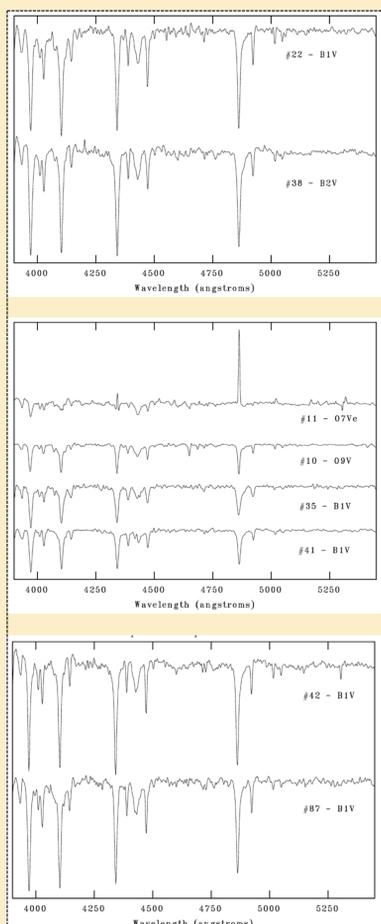


Figura 4: Espectros de algunas de las estrellas más distantes. Se muestra el número y el tipo espectral asignado.

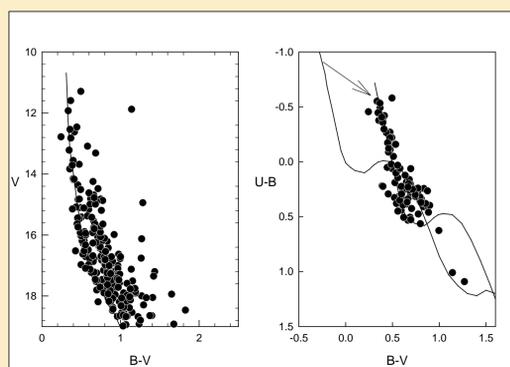


Figura 5: Diagrama V vs. $B-V$ (izquierda) y $U-B$ vs. $B-V$ (derecha) confeccionado con las estrellas de la región central del cúmulo. En el gráfico de la izquierda la línea continua representa la ZAMS de Schmidt-Kaler (1982) desplazada por $V_0-Mv=13.9$ ($d=6000$ pc). En el gráfico de la derecha, con línea continua se muestra la ZAMS en su posición intrínseca y desplazada por $E(B-V)=0.65$. La flecha indica la dirección del vector de enrojecimiento.

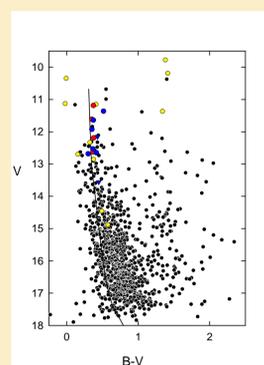


Figura 6: Diagrama V vs. $B-V$ de todas las estrellas observadas en la región. Se indican con símbolos especiales las estrellas con información espectral. Círculos amarillos estrellas con $4300 \text{ pc} < d < 5300 \text{ pc}$, círculos rojos estrellas con $5500 \text{ pc} < d < 6500 \text{ pc}$, triángulos azules estrellas con $d > 7200 \text{ pc}$.

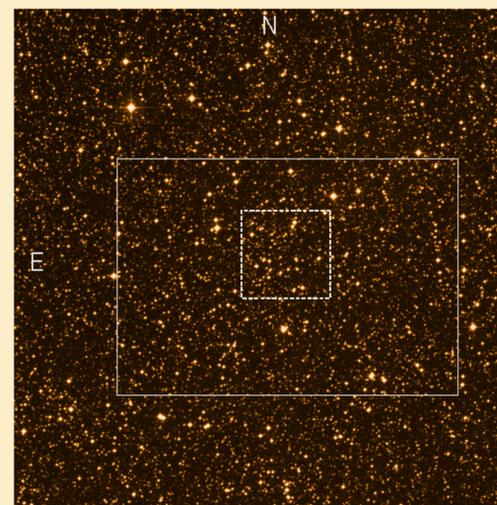


Figura 1: Carta de la región de Ruprecht 44 adaptada de una imagen DSS2. Se muestran las regiones observadas fotométricamente mediante línea discontinua (CASLEO) y con línea continua (OAMM). El Norte y Este están indicados.

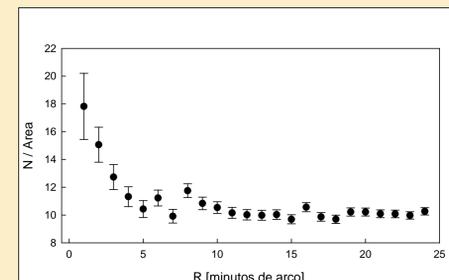


Figura 2: Densidad radial de estrellas alrededor de la posición de Ruprecht 44. Los conteos estelares fueron realizados utilizando datos 2mass.

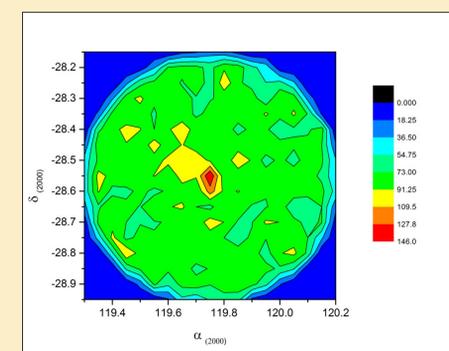


Figura 3: Densidad superficial de estrellas alrededor de la posición de Ruprecht 44. Los conteos estelares fueron realizados utilizando datos 2mass.

Número	M&F74	TE	V	Mv	(B-V)0	E(B-V)	d[pc]
1	212	K2V	9.78	6.40	0.91	0.47	24
2	124	K3V	10.19	6.65	0.96	0.46	27
985	176	F2V	9.38	3.00	0.35	0.09	166
8	225	F3V	11.15	3.20	0.40	0.01	382
3	219	B9V	10.35	0.20	-0.07	0.06	977
12	E1	K2III	11.37	0.50	1.16	0.18	1152
26	178	A1V	12.33	1.00	0.01	0.32	1173
7	125	A0V	11.13	0.65	-0.02	0.00	1247
234	1	F0V	14.89	2.70	0.30	0.28	1837
43	143	A0V **	12.70	0.65	-0.02	0.18	1995
46	24	B5V	12.86	-1.20	-0.17	0.55	2962
167	44	B9V	14.46	0.20	-0.07	0.56	3190
38	2	B2V	12.63	-2.45	-0.24	0.61	4333
22	41	B1V	12.19	-3.20	-0.26	0.64	4818
10	186	O9V	11.19	-4.50	-0.31	0.69	5161
14	128	B0V*	11.62	-4.00	-0.30	0.65	5226
15	33	B2III*	11.64	-3.90	-0.24	0.62	5335
41	3	B1V	12.65	-3.20	-0.26	0.68	5629
35	19	B1V	12.53	-3.20	-0.26	0.63	5721
18	27	B0.5V*	11.93	-4.00	-0.30	0.65	6024
11	94	O7e	11.37	-5.20	-0.32	0.84	6224
42	93	B1V	12.69	-3.20	-0.26	0.56	6742
21	148	B1V*	12.15	-4.50	-0.31	0.74	7415
87	102	B1V	13.56	-3.20	-0.26	0.71	8155

Tabla 1: Datos fotométricos y espectroscópicos de las estrellas observadas en el presente trabajo. M&F74 indica la numeración dada en el trabajo de Moffat & FitzGerald (1974). * Tipos espectrales extraídos del trabajo de Massey et al. (2001). ** Tipos espectrales extraídos del trabajo de Moffat & FitzGerald (1974).

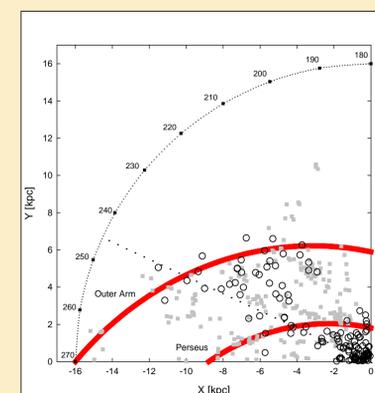


Figura 7: Diagrama del Tercer cuadrante de la Galaxia. Se representan los cúmulos abiertos con edades menores a 100 millones de años (círculos) y la posición de las nubes de CO (cuadrados) Vázquez et al. (2008). Las líneas continuas representan la posición de los brazos espirales según el modelo de Vallé (2005).

Conclusiones

En el presente trabajo realizamos observaciones fotométricas y espectroscópicas de una región alrededor del cúmulo abierto Ruprecht 44. El conteo de estrellas realizado con datos 2mass revela una concentración con un radio de aproximadamente 5 minutos de arco. De la combinación de los datos fotométricos y espectroscópicos encontramos que en la dirección a este cúmulo ($l=245.7^\circ$, $b=0.48^\circ$) el enrojecimiento tiene un incremento con la distancia hasta alcanzar valores de $E(B-V)$ entre 0.6 y 0.7 a partir de los 4000 pc. En esta región se encuentran varios objetos jóvenes de tipos espectrales O y B ubicados a diferentes distancias y probablemente asociados a los brazos espirales de la Galaxia. El grupo de estrellas ubicadas entre 4000 pc y 6000 pc estarían asociadas con el brazo de Perseo y las estrellas ubicadas a más de 8000 pc probablemente pertenezcan a la parte interna del Outer Arm.

Referencias

Landolt, A. U. 1992, AJ, 104, 340
 Massey, P., DeGrija-Eastwood, K. & Waterhouse, E., 2001, AJ 121, 1050
 Moffat, A.F.J. & FitzGerald, M.P., 1974, A&A, 34, 291
 Schmidt-Kaler, T. 1982, Stars and Star Clusters (Berlin: Springer), 15
 Turner, D. G., 1981, AJ, 86, 222
 Vallé, J. P., 2005, AJ, 130, 569
 Vázquez, R. A.; May, J.; Carraro, G.; Bronfman, L.; Moitinho, A.; Baume, G., 2008, ApJ, 672, 930