

CALIBRACION FOTOELECTRICA DEL PUNTO CERO DEL
ATLAS DE GALAXIAS AUSTRALES, EN EL SISTEMA B.

M. V. Alonso y J.L. Sersic

OAC Y CONICET.

RESUMEN: En el presente trabajo se determinan los Puntos Cero de más de 40 galaxias del "Atlas de Galaxias Australes" de José Luis Sersic y se compara el sistema con otros similares. Se usó el material fotométrico de dicho Atlas cuyas magnitudes totales están basadas en una escala provisional y el material fotoeléctrico del "Catálogo General de Magnitudes y colores fotoeléctricos en el sistema UBV de 3.578 galaxias más brillantes que magnitud 16 en el visual (1936 - 1982)" de Giuseppe Longo y Antoinette de Vaucouleurs.

1. INTRODUCCION:

En la década del 60 se confeccionó en Córdoba el Atlas de Galaxias Australes (AGA)⁽¹⁾, el cual contiene importante información fotométrica de más de 50 objetos del Hemisferio Sur. Durante muchos años, la calibración de esta fotometría superficial (o determinación del punto cero) no pudo ser establecida debida a carencias de datos fotoeléctricos suficientes para estos objetos.

En los últimos años este problema comenzó a tener solución con el notable incremento de observaciones

fotoeléctricas de objetos extragalácticos. Surge así, "A General Catalogue of photoelectric magnitudes and colors in the U, B, V system of 3.578 galaxies brighter than 16 th V-magnitude (1936-1892) (2)".

El uso de este material nos ha permitido la determinación de los puntos cero de las galaxias del AGA, obteniéndose un conjunto de magnitudes totales, en el sistema B, que definen el sistema fotométrico del mismo. Se lo compara además, con otros sistemas similares.

2. DETERMINACION TEORICA Y PRACTICA DEL PUNTO CERO

Explicaremos en esta sección el proceso de integración y cálculo que conduce a la determinación del punto cero y de las magnitudes totales calibradas.

Mediante el proceso de reducción detallado en el AGA, se obtuvieron las magnitudes totales de las galaxias m_t ; a partir de:

$$m_t = \Delta m - 2.5 \log L_t,$$

en la cual la luminosidad total de la galaxia L_t está dada por:

$$L_t = .921 \int_{m''}^{\infty} S(m') I(m') dm'$$

siendo $S(m')$ e $I(m')$ la superficie e intensidad de la isofota m' y m'' la magnitud del núcleo de la galaxia.

El punto cero Δm se obtuvo de la intersección de la curva característica con el nivel de fondo de cielo, y se lo consideró como origen de la escala provisional de magnitudes aparentes. En el presente trabajo Δm se determinó en base a observaciones fotoeléctricas, calculando la luminosidad generada por las regiones encerradas en un diafragma

dado. Esta luminosidad se obtiene integrando la curva IS vs m hasta una cierta magnitud límite, entendiendo que $S(m)$ es el área de la isofota de magnitud m encerrada por dicho diafragma, y la relación que las vincula es:

$$L(m) = S(m) I(m) + 0.921 \int_{m''}^m I(m') S(m') dm'.$$

A su vez la correspondiente magnitud está dada por: $m = \Delta m - 2.5 \log L(m)$. Llamemos $m_c = -2.5 \log L(m)$, a la magnitud que se obtuvo de la siguiente manera:

- a) Se superpusieron los distintos diafragmas (Figs. 1 y 2) sobre los mapas de isofotas de cada objeto, centrándolos en la región nuclear, dado que éste es el criterio observacional seguido en el Catálogo... (2). Estos diafragmas se eligieron con la condición de que el número de isofotas encerradas sea suficiente para la integración de la curva IS y que las áreas a medir no sean demasiado pequeñas debido a incerteza producida en su determinación.
- b) Se midieron las áreas de cada isofota encerrada en los distintos diafragmas. Con estas áreas medidas y las respectivas intensidades se construyó la curva IS vs m, e integrándola se obtuvo finalmente m_c .



Figura 1: Mapa de Isofotas de NGC 5236



Figura 2: Diafragmas sobre el mapa de isofotas de NGC 5236

Las áreas fueron medidas con una Tableta de Gráficos adosada a una computadora Apple II, con una precisión de 0.01 minuto de arco cuadrado, realizándose varias mediciones (5 ó 6) en cada caso, promediándose luego dichos valores.

Con este procedimiento se analizaron 39 objetos (ver Tablas) descartándose a NGC 4945 y a NGC 300 por disponerse de pocos datos fotoeléctricos y por ser los diafragmas muy pequeños comparados con la galaxia.

En cada caso se midieron las áreas dentro de 7 ó 9 diafragmas, aunque en algunos casos el número fue menor. Con m_c y con la magnitud fotoeléctrica m extraída del Catálogo, se obtienen valores de Δm para distintos diafragmas en un mismo objeto los que se promediaron obteniéndose el punto cero $\Delta \bar{m}$ (Tabla I).

TABLA I

| Objeto | $\Delta\bar{m}$ |
|--------|-----------------|
| NGC 55 | 13.44 + .15 |
| 253 | 12.96 + .13 |
| 613 | 12.51 + .04 |
| 1097 | 12.91 + .08 |
| 1291 | 12.69 + .06 |
| 1313 | 12.54 + .04 |
| 1316 | 12.57 + .06 |
| 1317 | 12.46 + .11 |
| 1365 | 13.07 + .09 |
| 1487 | 12.95 + .05 |
| 1536 | 14.74 + .24 |
| 1549 | 13.37 + .06 |
| 1553 | 13.16 + .13 |
| 1566 | 12.94 + .10 |
| 1672 | 12.56 + .20 |
| 1947 | 12.50 + .03 |
| 2427 | 13.07 + .14 |
| 2997 | 12.53 + .07 |
| 3256 | 13.48 + .32 |
| 3347 | 12.41 + .30 |
| 3358 | 12.34 + .10 |
| 4594 | 12.38 + .41 |
| 4976 | 11.55 + .11 |
| 5102 | 13.27 + .07 |
| 5128 | 12.87 + .22 |
| 5236 | 13.13 + .17 |
| 5253 | 13.56 + .11 |
| 6438 | 12.48 + .01 |
| 6744 | 12.94 + .26 |
| 6753 | 13.56 + .09 |
| 6769 | 13.10 + .04 |
| 6770 | 13.13 + .06 |
| 6771 | 13.13 + .11 |
| 7421 | 12.71 + .09 |
| 7424 | 12.95 + .11 |
| 7582 | 12.88 + .06 |
| 7590 | 12.91 + .02 |
| 7599 | 12.73 + .02 |
| 7793 | 13.72 + .12 |

Del AGA se tomaron los valores de la magnitud total de cada objeto m_t y los del cielo m'_c . Con los m obtenidos, resulta la magnitud total m_t^c en el sistema del Atlas calibrada fotoeléctricamente (Tabla II):

$$m_t^c = m_t - m'_c + \Delta\bar{m}$$

TABLA II

| MGC | θ_T^B | θ_T^{AC} | θ_{prcm} | W | m_t^C | W' | $\langle \theta_T \rangle$ |
|-------|--------------|-----------------|-----------------|----|-------------|----|----------------------------|
| 55* | - | - | - | - | 8.33 + .15 | - | - |
| 253 | - | 8.14 | - | 5 | 7.97 + .16 | 3 | 8.08 |
| 613 | - | 10.75 | - | 2 | 10.55 + .04 | 5 | 10.61 |
| 1097 | - | 10.26 | - | 4 | 10.18 + .02 | 4 | 10.22 |
| 1291 | 9.37 | 9.49 | 9.42 | 3 | 9.59 + .06 | 5 | 9.53 |
| 1313 | 9.19 | - | - | - | 9.73 + .04 | 5 | 9.25 |
| 1316 | - | 9.75 | - | 5 | 9.45 + .06 | 5 | 9.60 |
| 1317 | 11.53 | 11.39 | 11.31 | 2 | 11.59 + .11 | 4 | 11.76 |
| 1365 | 10.51 | 9.98 | 10.15 | 2 | 10.55 + .09 | 4 | 10.42 |
| 1487* | 12.32 | - | - | 2 | 12.40 + .05 | 5 | 12.33 |
| 1536 | - | - | - | - | 14.94 + .24 | - | - |
| 1549 | - | 10.59 | - | 4 | 10.99 + .06 | 5 | 10.95 |
| 1553 | - | 10.51 | - | 5 | 10.32 + .10 | 4 | 10.43 |
| 1566 | 10.19 | 10.30 | 10.26 | 3 | 10.23 + .10 | 4 | 10.24 |
| 1672 | 11.05 | - | - | - | 10.61 + .20 | 3 | 10.72 |
| 1947 | 11.76 | 11.84 | 11.82 | 5 | 11.41 + .08 | 4 | 11.64 |
| 2427* | - | 12.47 | - | 2 | 12.44 + .14 | 4 | 12.45 |
| 2997 | - | - | - | - | 10.11 + .07 | - | - |
| 3256* | - | 12.08 | - | 2 | 12.24 + .32 | 1 | 12.13 |
| 3347* | - | - | - | - | 12.28 + .30 | - | - |
| 3358* | - | - | - | - | 12.21 + .10 | - | - |
| 4594 | 9.24 | 9.30 | 9.28 | 10 | 9.29 + .41 | 1 | 9.28 |
| 4976 | - | 11.02 | - | 2 | 11.05 + .11 | 4 | 11.04 |
| 5102 | - | 10.47 | - | 2 | 10.46 + .07 | 5 | 10.46 |
| 5128* | 7.37 | - | - | 6 | 8.35 + .22 | 3 | 8.03 |
| 5236 | - | - | - | - | 8.44 + .17 | - | - |
| 5253* | - | 11.10 | - | 4 | 10.97 + .11 | 4 | 11.03 |
| 6438 | - | - | - | - | 12.23 + .01 | - | - |
| 6744 | 8.90 | - | - | 1 | 9.78 + .26 | 2 | 9.49 |
| 6753 | 12.11 | - | - | 1 | 11.77 + .09 | 4 | 11.84 |
| 6769 | - | 12.61 | - | 5 | 12.46 + .04 | 5 | 12.53 |
| 6770 | - | 12.95 | - | - | 12.27 + .06 | 5 | 12.57 |
| 6771 | - | 13.70 | - | 2 | 13.55 + .11 | 4 | 13.60 |
| 7421 | - | 12.69 | - | 2 | 12.46 + .09 | 4 | 12.54 |
| 7424 | 10.98 | - | - | 2 | 10.99 + .11 | 4 | 10.99 |
| 7582 | 11.29 | 11.54 | 11.41 | 2 | 11.32 + .06 | 5 | 11.35 |
| 7590 | - | 12.21 | 11.41 | 4 | 12.08 + .02 | 5 | 12.14 |
| 7599 | - | 12.07 | - | 2 | 11.82 + .02 | 5 | 11.89 |
| 7793 | - | 9.01 | - | 2 | 9.86 + .12 | 4 | 9.84 |

* galaxias no usadas en el cálculo de la recta de ajuste.

3. DISCUSION DE RESULTADOS

Se combinan las magnitudes totales calibradas m_t^c con las magnitudes totales en el sistema B derivadas de la fotometría superficial B_{TS} , y las magnitudes fotoeléctricas totales en B, corregidas por efectos de elipticidad B_T^{AC} , ambas obtenidas por de Vaucouleurs^(3,4). Resultan así las magnitudes totales standard $\langle B_T \rangle$, las cuales son medias pesadas entre todas estas determinaciones.

Estos resultados figuran en la Tabla II.

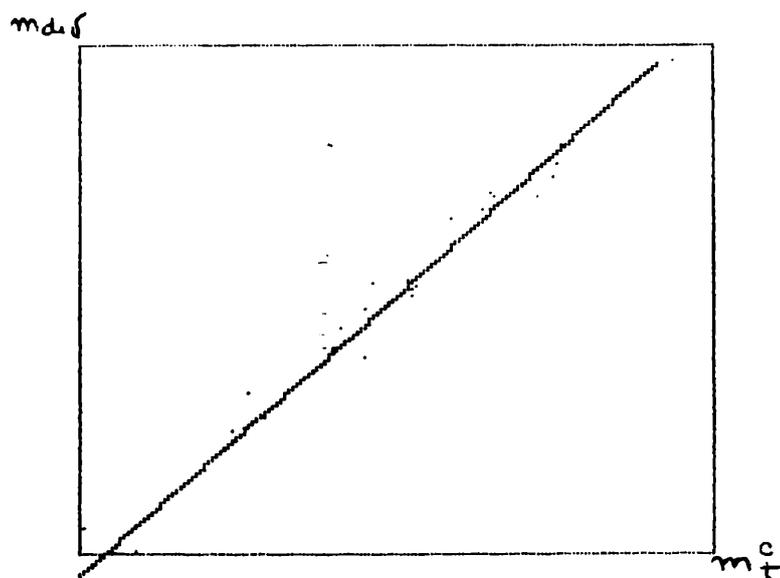


Figura 3: Comparación entre las m_t^c y las B_T^S , B_T^{AC} ó B_{prom} , referidas como m_d de VR.

En la figura 3 puede verse que existe una relación lineal entre ambos sistemas. Ubicando el sistema referente en el centroide de la distribución, la recta que por cuadrados mínimos mejor ajusta estos resultados puede escribirse como:

$$m_{de \ v} = A \cdot m_t^c + B \quad , \quad \text{con} \quad \begin{cases} A = 1.09 \pm 0.04 \\ B = -0.03 \pm 0.05 \end{cases}$$

ó

$$m_t^c = A \cdot m_{de \ v} + B \quad , \quad \text{con} \quad \begin{cases} A = 0.87 \pm 0.03 \\ B = 0.03 \pm 0.05 \end{cases}$$

Podemos afirmar a través de este resultado, que el procedimiento de calibración empleado conduce a un excelente acuerdo entre los dos sistemas.

Resulta interesante señalar que de Vaucoulers⁽⁷⁾ redujo las magnitudes totales de m_t del AGA a su sistema, encontrando una corrección del punto cero ZFC, en forma estadística, entre un sistema y otro. De nuestra recta de ajuste, la ordenada al origen es una nueva corrección del punto cero ZFC' entre ambos sistemas. Estos valores son:

$$ZFC = 0.27 \pm 0.05$$

$$ZFC' = -0.03 \pm 0.05$$

La disminución de ZFC indica que el sistema de magnitudes calibradas del AGA está en un mejor acuerdo con el sistema de Vaucoulers. A su vez, las $\langle B_T \rangle$ acá obtenidas, establecen un conjunto de magnitudes mejoradas para estos objetos del AGA.

APENDICE

1) Errores que intervienen en el cálculo de m_c .

A los efectos de estimar el orden de magnitud del error en la magnitud m_c definida por:

$$m_c = cte - 2.5 \log IS,$$

la fórmula de ecuación de propagación de errores conduce a:

$$\sigma_{m_C}^2 = 1.179 \left(\frac{\sigma_I^2}{I^2} + \frac{\sigma_S^2}{S^2} \right).$$

Para las isofotas de la región nuclear, I es grande y S pequeño de manera pues que:

$$\sigma_{m_C}^2 \sim 1.179 \frac{\sigma_S^2}{S^2}.$$

Por lo tanto, para que $\sigma_{m_C}^2$ sea pequeño, deben medirse las áreas con mucha precisión. Para las isofotas exteriores, I es chico y S grande. Entonces:

$$\sigma_{m_C}^2 \sim 1.179 \frac{\sigma_I^2}{I^2},$$

pero

$$\frac{\sigma_I}{I} = -0.921 \sigma_m$$

Luego, para minimizar los errores en m_C , las intensidades de las isofotas exteriores deben ser medidas con la mayor precisión posible.

Los valores típicos encontrados en la medición de isofotas pequeñas son:

$$S = 0.02$$

$$\sigma_S = 0.01$$

S

$$\sigma_m \sim 0.54$$

y en las isofotas exteriores:

$$\sigma_m = 0.01$$

$$\sigma_{m_C} \sim 0.01$$

Podemos concluir que, en las zonas donde I debe ser medida con precisión, el error producido en m_C es pequeño comparado con el generado en la región nuclear por la medición de S.

2) Errores en las m_t^C .

El error en las magnitudes totales calibradas proviene del error en la determinación del punto cero, pues:

$$m_t^C = m_t - m'_C + \Delta\bar{m},$$

y la dispersión es:

$$\sigma m_t^{C^2} = \sigma m_t^2 + \sigma m'_C{}^2 + \sigma m^2,$$

Pero $\sigma m_t = \sigma m'_C = 0.01$, valor muy pequeño, resultando entonces:

$$\sigma m_t^{C^2} \sim \sigma \Delta m^2.$$

3) Pesos asignados a las m_t^C .

Los pesos w' asignados a las magnitudes totales para el cálculo de $\langle B_T \rangle$ se definen como:

$$w' = \frac{A}{(\sigma^2 + \sigma_0^2)},$$

donde A es una constante de proporcionalidad, σ el error en m_t^C y σ_0 el error en la determinación de las magnitudes totales del AGA, proveniente de la extrapolación de la curva IS.

Para calcular estos pesos se estimaron las constantes A y σ_0 suponiendo que, en media, los pesos del sistema de magnitudes de de Vaucouleurs⁽³⁾ y el nuestro son similares.

Así tenemos que:

$$w' = \frac{0,202}{(\sigma^2 + 0,04)}$$

usados para el cálculo de $\langle B_T \rangle$ (Tabla II).

BIBLIOGRAFIA

- 1) Sérsic, J.L. 1968: Atlas de Galaxias Australes, Univ. Nac. Cba.
- 2) Longo, G. and de Vaucouleurs, A. 1983: A General Catalogue of photoelectric magnitudes and colors in the U, B, V system of 3578 galaxies brighter than the 16th V-magnitude (1936-1982), Univ. of Texas.
- 3) de Vaucouleurs, G. 1977: Ap.J.Suppl. 33, 211.
- 4) de Vaucouleurs, G.: and Corwin, H.G.Jr.: Ap.J.Suppl. 33, 219.
- 5) de Vaucouleurs, G., Corwin, H.G. Jr. and Bollinger, G. 1977: Ap.J. Suppl. 33, 229.
- 6) de Vaucouleurs, G. and Bollinger, G. 1977: Ap.J.Suppl. 33, 241.
- 7) de Vaucouleurs, G. and Bollinger, G. 1977: Ap.J.Suppl. 33, 247.
- 8) de Vaucouleurs, G. and Bollinger, G. 1977: Ap.J.Suppl. 34, 469.