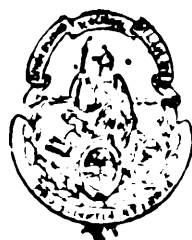


SERIE CIRCULAR Nº 16

Comunicaciones del Departamento de Astrofísica



LA PLATA

1960

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

1960

Presidente

Dr. DANILO C. VUCETICH

Vicepresidente

Dr. CONSTANTINO BRANDARIZ

Guardasellos

Dr. JOSE MENDEZ

Consejo Superior

Decanos: Ing. Agr. Edgardo N. Camugli; Ing. Alberto R. Gray; Dr. Enrique M. Barba; Dr. Amilcar A. Mercader; Dr. Constantino C. Brandariz; Dr. Humberto Giovambattista; Cont. Cayetano Licciardo y Dr. Sebastián Guarrera. *Director del Observatorio Astronómico:* Dr. Reynaldo P. Cesco. *Delegados de los profesores:* Ing. Agr. Italo N. Costantino; Ing. Juan Sábato; Prof. José M. Lunazzi; Dr. Raúl Dumm; Dr. Edilberto Fernández Ithurrat; Dr. José D. Méndez; Dr. Lirio Marino y Dr. Angel L. Cabrera. *Delegados de los Graduados:* Ing. Agr. Luis G. Cornejo; Agr. Octavio de la Colina; Prof. Juan M. Sadi; Dr. César Ves Losada; Dr. Vicente A. Antonini; Dr. Néstor O. Ladd; Contador Angel R. Mugetti y Dr. Constante P. Moneda. *Delegados de los alumnos:* Sr. Ludovico Naumann; Sr. Eduardo Medrano; Sr. Jorge Alfredo Crespi; Sr. Miguel Angel Marafuschi; Sr. Enzo Roccia; Sr. Mario Pedro Irigoyen; Sr. Hugo A. Crego; Sr. Heriberto Zardini y Sr. Roberto Carpinetti.

Prosecretario General

Sr. César A. Dumm

Director de Administración

Dr. Humberto Prados

Leuchtkraft und Durchmesser der Kugelhaufen

I. — Die Durchmesser der Kugelhaufen und ihre Veränderlichkeiten.

VON

HERBERT WILKENS

ZUSAMMENFASSUNG

Zwischen der scheinbaren Gesamthelligkeit m und dem scheinbaren Durchmesser ω der Kugelhaufen besteht eine einfache lineare Beziehung von der Form: $\text{Const.} + 0.54 \frac{m}{5} = \lg \omega$.

Aus dieser folgt ohne weiteres die ebenfalls lineare Beziehung zwischen absoluter Helligkeit $W = M + 10$ und linearem Durchmesser D_m (in Psc) in der Form: $\text{const.} - \frac{W}{5} = \lg D_m$.

Der Wert von const. ergibt sich zu 2.20 ± 0.01 . Voraussetzung ist die Verbesserung der Beobachtungsdaten ($R =$ Entfernung in Kpc) wegen interstellarer Absorption S in Größenklassen je Kiloparsec

$$\text{nach den Formeln} \left\{ \begin{array}{l} \frac{m_s}{5} - \frac{S}{5} = \frac{m}{5} \\ \lg R - \frac{S}{5} = \lg R \\ \lg \omega_s + \frac{S}{10} = \lg \omega \end{array} \right.$$

und die Abschätzung der scheinbaren Durchmesser ω auf Grund der scheinbaren Verteilung der veränderlichen Sterne, welche die Kugelhaufen und ihre Umgebung bevölkern. Nur 55 von 65 gut sichtbaren Haufen zeigen eindeutig die obigen Beziehungen, während weitere 43 Haufen zu schlecht sichtbar sind, um berücksichtigt werden zu können.

Luminosidad y Diámetro de los Cúmulos Globulares

Por

HERBERT WILKENS

I. — *Los diámetros de los cúmulos globulares y sus variables.*

1. — INTRODUCCION

El punto de partida de esta investigación fue el artículo de Shapley y Sayer (1935) "The angular diameters of globular clusters". Allí se estableció la relación siguiente entre el diámetro aparente ω (en minutos de arco) y la distancia R (en kiloparsec) de los cúmulos globulares:

$$\omega_s + R = 215 \quad 3.44 D_m \quad (1)$$

El subíndice S indica que los valores no están corregidos por absorción interestelar. La fórmula (1) significa que, dentro de los límites de los errores observacionales, todos los cúmulos globulares tienen el mismo diámetro lineal, (D_m , en parsec). Una investigación posterior de Mowbray (1946, fig. 6) dejó entrever sin embargo que los diámetros lineales no son constantes, y que dependen de la luminosidad absoluta. La luminosidad absoluta se extiende sobre varias magnitudes, hecho al cual ya H. Wilkens (1937, fig. 13) se había referido. Además tanto Mowbray (1946, fig. 5) como también Parenago, Kukarkin y Floria (1949, fig. 1) encontraron una relación entre la magnitud absoluta y la clase de concentración.

La dispersión en todas las relaciones citadas es muy grande por dos razones:

- 1) Es muy difícil estimar o medir el diámetro aparente de un cúmulo globular.
- 2) Aunque estuviese determinado con seguridad, todavía ignoramos en cuánto hay que corregirlo por absorción interestelar.

En este trabajo se hace el ensayo de eliminar estas dos dificultades por el siguiente camino:

- 1) Si un cúmulo contiene una cantidad relativamente grande de estrellas variables, su diámetro puede ser determinado por el círculo que contiene todas sus variables. Este diámetro aparente es idéntico al diámetro verdadero ω , porque es independiente de la absorción interestelar.
- 2) En una cantidad grande de cúmulos no han sido descubiertas todavía bastante variables, para poder aplicar el método 1). Por la comparación de nuestras dos figuras 1a y 2a resp. 1b + 2b obtendremos sin embargo una simple fórmula para corregir los diámetros aparentes ω_s de Shapley y Sayer por absorción interestelar, es decir para reducirlos a ω .

De esta manera, la dispersión en la figura de Shapley y Sayer resulta definitivamente una consecuencia de los diferentes diámetros lineales (ver nuestra Fig. 1a, 2a resp. 1b, 2b). La dispersión en la figura 6 de Mowbray se reduce fuertemente, de modo que las constantes de las fórmulas de Mowbray pueden ser determinadas ahora muy exactamente. Se han excluido de antemano de esta investigación, todos los cúmulos que por falta de variables, por su gran distancia o por otras causas tienen datos de observación inseguros. Alrededor del 40 % del número total de cúmulos cae en esta categoría.

2. — MATERIAL OBSERVACIONAL

Actualmente se conocen 108 cúmulos globulares. 94 de estos ya están citados en las investigaciones de H. Wilkens (1945 Tabla 15) y de Parenago Kukarkin y Floria (1949 Tabla 1). Los 14 cúmulos restantes son objetos recién descubiertos. Algunos son muy débiles por estar extremadamente distantes, mientras que otros están muy próximos, pero tan dispersos, que anteriormente fueron clasificados como cúmulos abiertos (NGC2682 y 6838). Para bibliografía general, señalaremos H. B. Sawyer (1939, 1947, 1955). W. Becker y J. Stock (1953); Rosino (1945) y Heckmann (1955).

En las Tablas Ia y Ib se encuentran los 108 cúmulos, clasificados según la calidad y bondad de sus datos observacionales y el estado de la investigación de las variables hasta el año 1955. De las Tablas Ia y Ib se derivan las Tablas 2a y 2b que indican respectivamente:

2a) Cúmulos cuyos datos de observación se pueden determinar fácilmente (y con cierta seguridad en la mayoría de los casos).

2b) Cúmulos cuyos datos de observación se pueden determinar sólo difícilmente (y a veces con inseguridad).

En resumen, 65 cúmulos son "bien visibles" y 43 cúmulos se ven más o menos mal, (por lo general a causa de su gran distancia).

3. — RELACIONES TEORICAS ENTRE LOS DATOS DE OBSERVACION

Sea m la magnitud total aparente de un cúmulo globular y $W = M + 10$, su magnitud absoluta.

Entonces existen las dos siguientes relaciones, independientes para cada cúmulo:

$$\frac{m}{5} - \frac{W}{5} = \lg R \quad (2)$$

$$\lg \omega - \lg Dm = 0.54 - \lg R \quad (3)$$

De los datos observacionales m , R , ω resultan:

de la ecuación (2) un valor para W , y de la (3) el valor de $\lg Dm$, es decir, se puede hallar una relación entre W y $\lg Dm$.

Nosotros no conocemos, sin embargo, las datos m , R y ω , sino m_s , R_s y ω_s , es decir los valores falseados por la absorción interestelar S . Las relaciones entre los dos grupos de datos son:

$$m_s = m + s \quad (4)$$

$$\frac{m}{5} - \frac{W}{5} + \frac{S}{5} = \lg R + \frac{S}{5} = \lg R_s \quad (5a)$$

ó

$$\frac{m}{5} + \frac{S}{5} - \frac{W}{5} = \frac{m_s}{5} - \frac{W}{5} = \lg R_s \quad (5b)$$

Los datos de observación —ver tablas 3a y 3b— nos dan los valores m_s y

$$(m_s - W) = 5 \lg R_s$$

De la diferencia

$$m_s - (m_s - W) = W \quad (6)$$

TABLA 1a.

Esquema de la distribución nominal de los cúmulos globulares (reconocidos hasta 1955) en base a la posibilidad y bondad de los datos de observación.

54 cúmulos en latitud galáctica positiva (NW+).

Cu = cantidad de variables del cúmulo ; Ca = cantidad de variables en el campo.

MÓDULO DE DISTANCIA

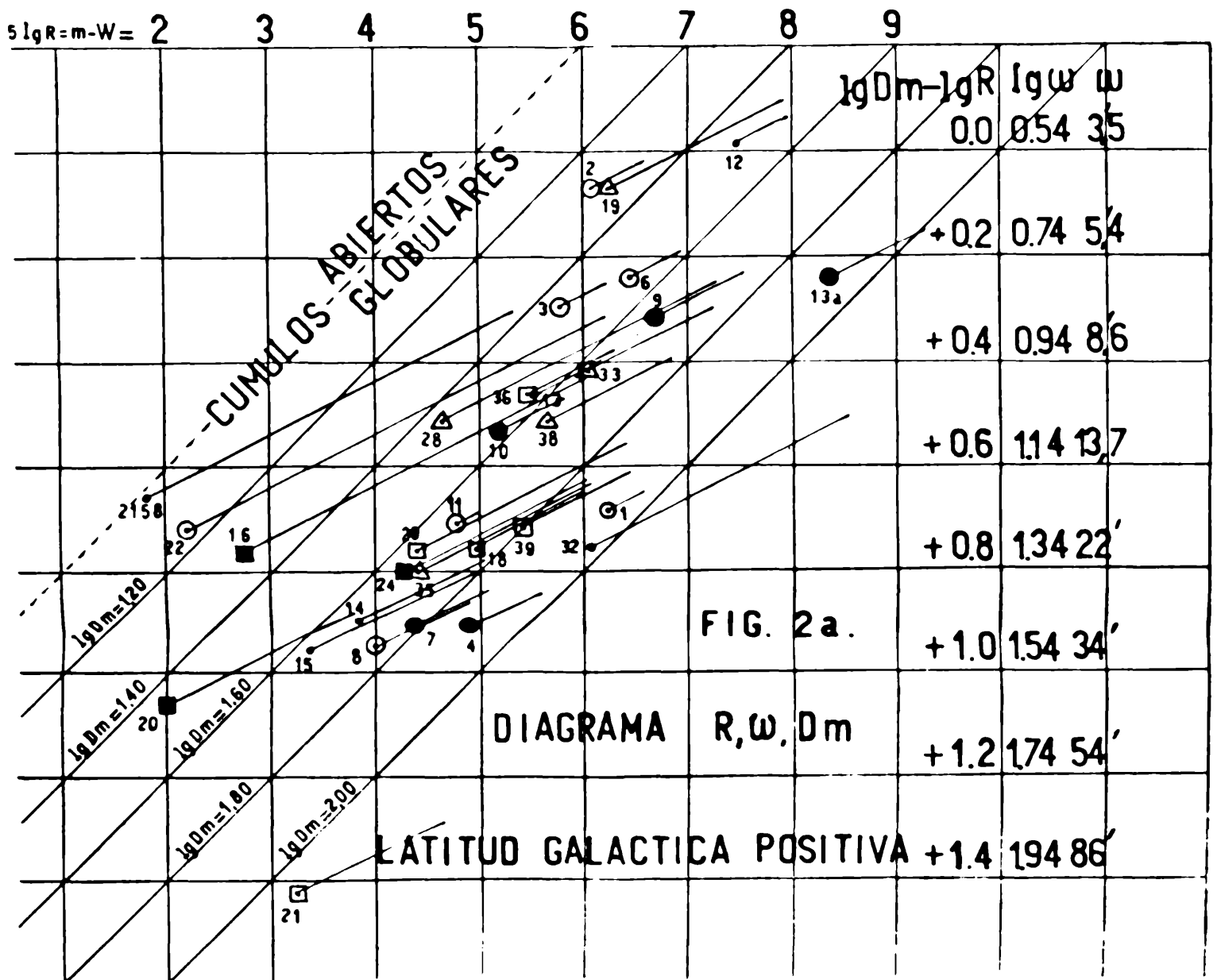
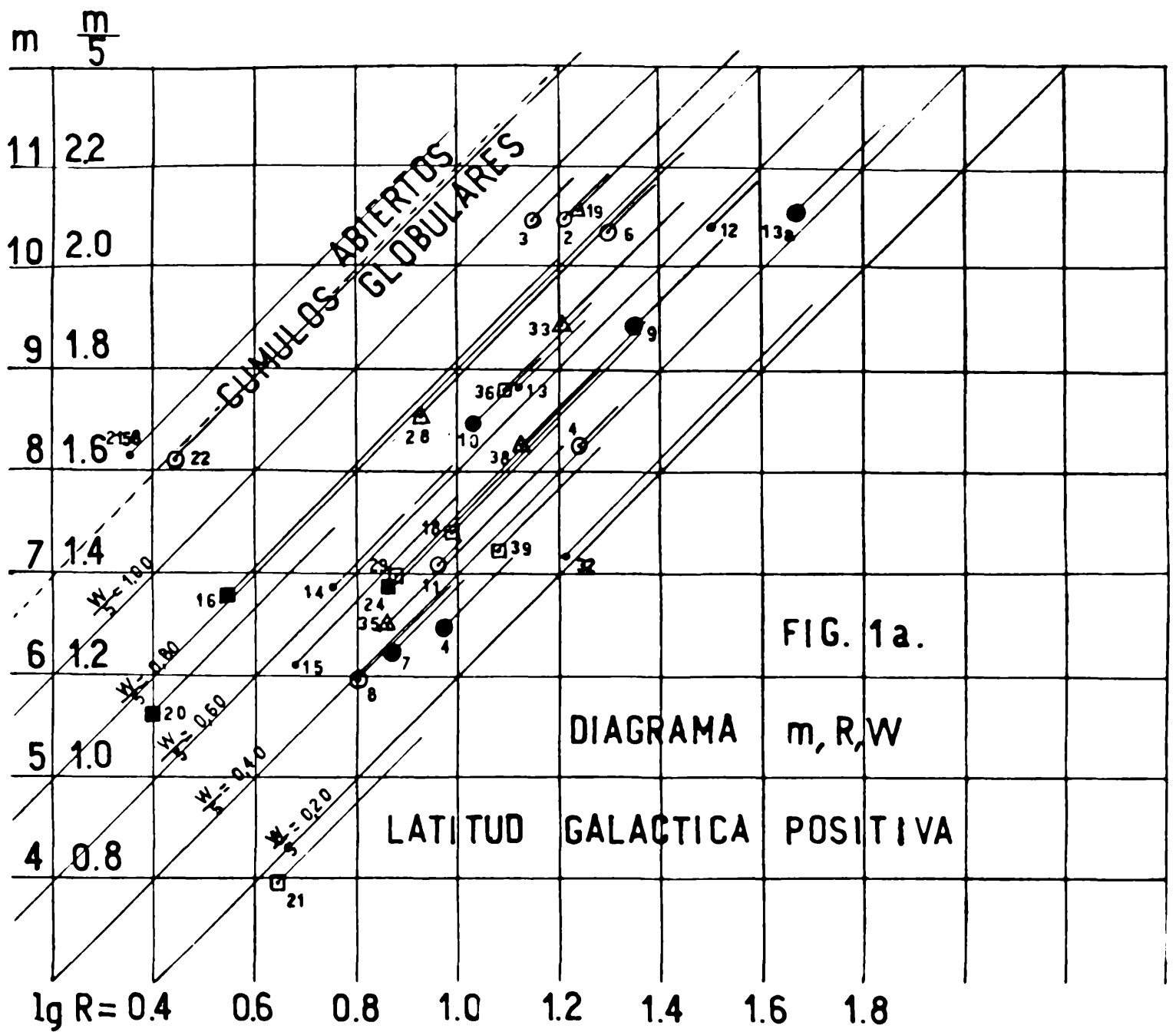
las variables solamente		Conocido por										Desconocido por estos métodos							
		las variables y las estr. más luminosas					las estrellas más luminosas solamente					el diagrama color-magnitud solamente							
Se encontraron variables																			
Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca
0)										0)									
					1)	5024	+ 1	14	8	1)	5077	+ 13	4	-	1)	6226	+ 19	8	3
					2)	5147	+ 2	4	2	2)	6144	+ 25	2	-	2)	6206	+ 25	1	3
					3)	5053	+ 3	7	2	3)	6396	+ 32	6	-	3)	6213	+ 28	1	3
					4)	5272	+ 4	20	9						4)	6257	+ 28	1	3
					5)	5466	+ 5	14	9						5)	6535	+ 31	1	3
					6)	5674	+ 6	7	6						6)	6264	+ 33	1	3
					7)	5904	+ 7	100	3						7)	6273	+ 35	1	3
					8)	Banda	+ 7 ⁸	2	3						8)	6379	+ 38	1	3
					9)	6205	+ 8	15	1										
					10)	6229	+ 9	22	1										
					11)	4590	+ 10	27	1										
					12)	6341	+ 11	16	1										
					13)	2419	+ 13 ^a	34	1										
					14)	6218	+ 14	1	1										
					15)	6244	+ 15	3	1										
					16)	6171	+ 16	23	1										
					17)	6093	+ 18	4	1										
					18)	6121	+ 20	44	1										
					19)	5139	+ 21	16	1										
					20)	6366	+ 22	R(6)	1										
					21)	6402	+ 24	72	1										
					22)	6333	+ 29	12	1										
					23)	5401	+ 30	73	1										
					24)	6779	+ 36	4	7										
					25)	6266	+ 39	26	1										
Se sospechan solamente variables																			
					Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca
					0)					0)					1)	6539	+ 42	1	0
En el cúmulo mismo no se encontraron variables																			
					Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca
					1)	5694	+ 12	0	0	1)	2682	+ 12	0	0	1)	5286	+ 27	0	1
										2)	2158	+ 17	0	0					
Todavía no se buscaron variables																			
					Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca	Nº	BGC	NW	Ca	Ca
					0)					0)									
															1)	5284	+ 17		
															2)	6342	+ 34		
															3)	6325	+ 37		
															4)	6139	+ 40		
															5)	6517	+ 41		
															6)	6316	+ 43		
															7)	6304	+ 44		
															8)	5927	+ 45		
															9)	10 1276			
															10)	6355			
															11)	5945	+ 46		
															12)	6440	+ 47		
															13)	6401	+ 48		

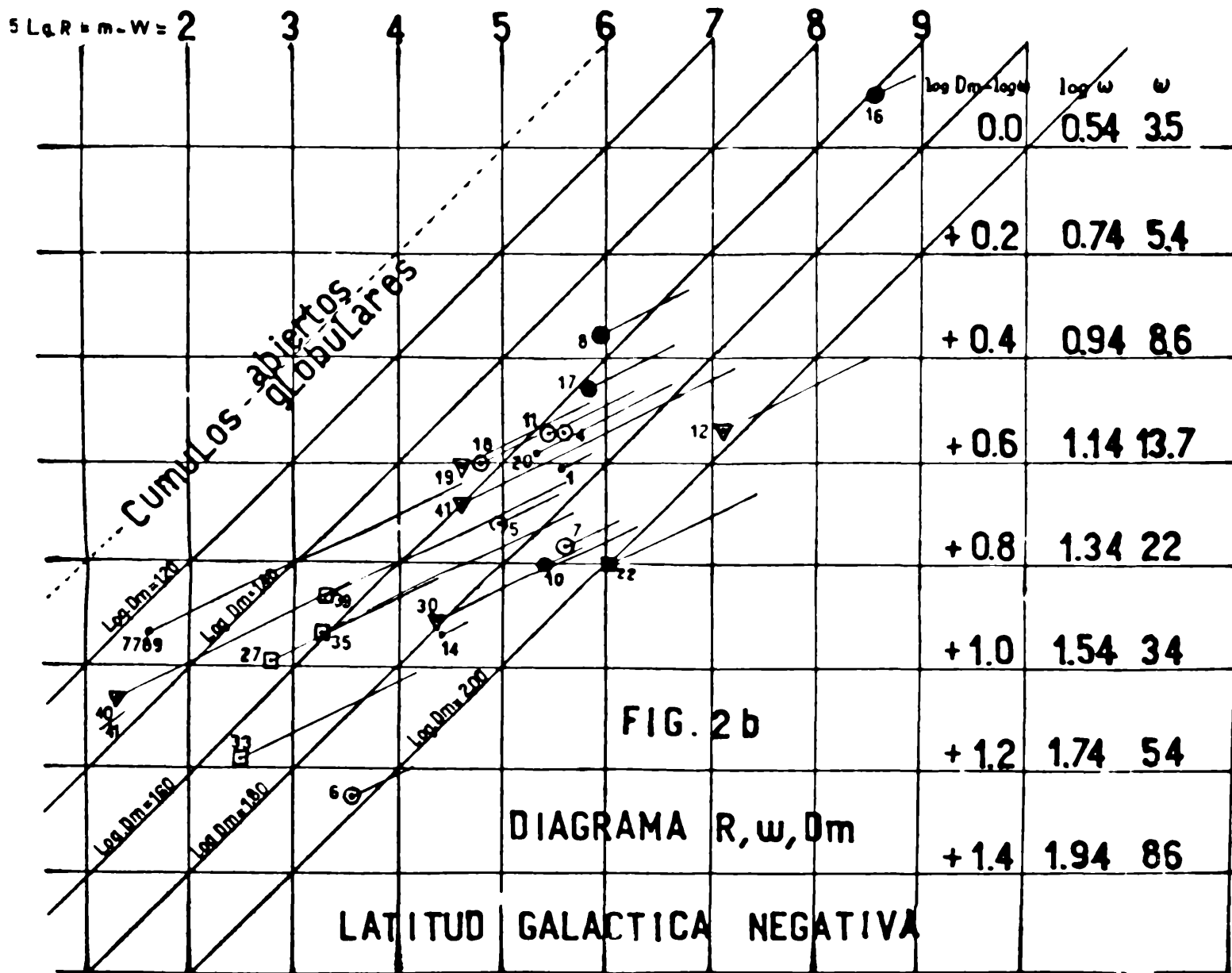
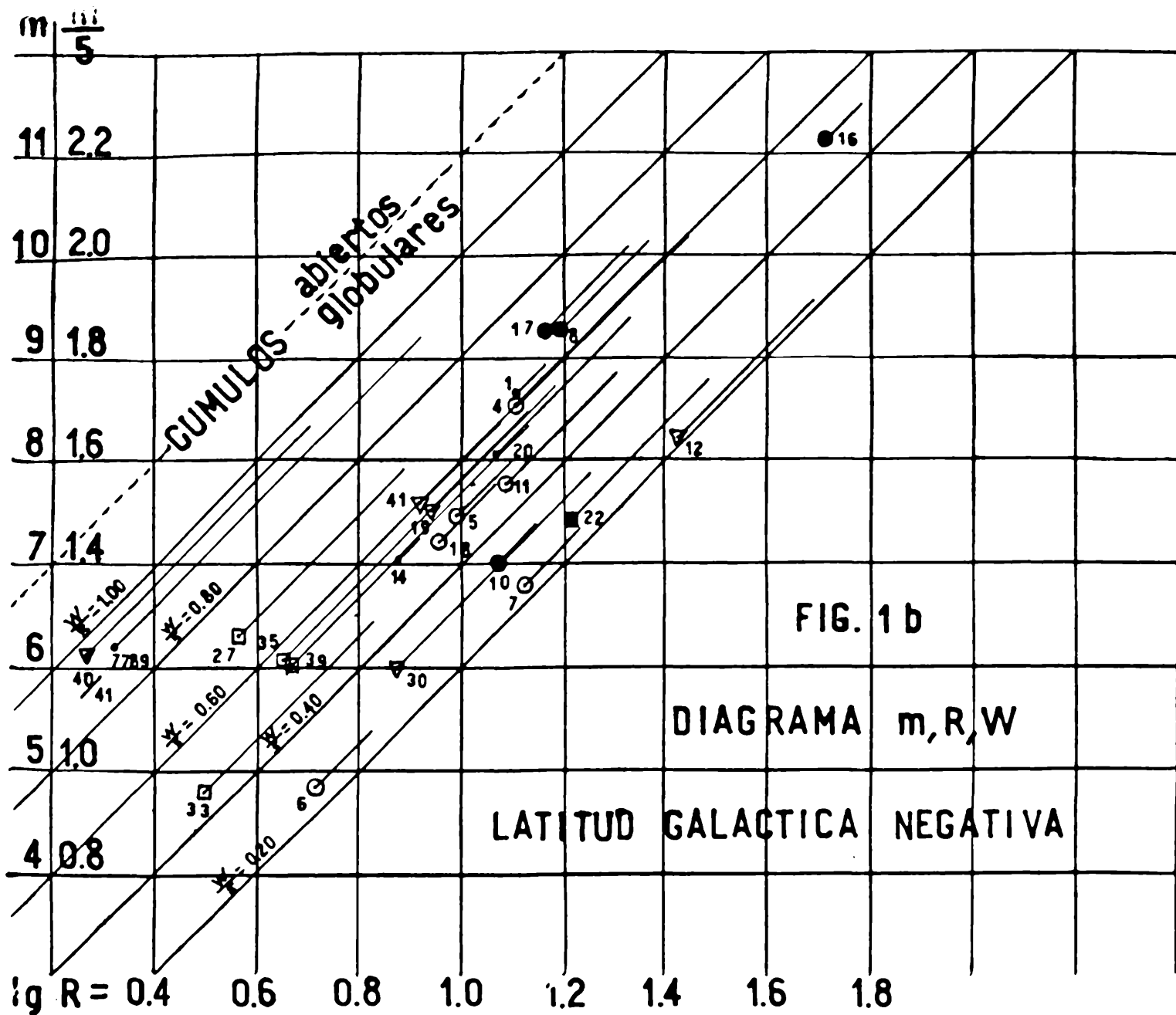
Los 65 cúmulos globulares bien visibles

En latitud galáctica positiva:	En latitud galáctica negativa:
1) M 53 = NGC 5024 = HW + 1	1) M 54 = NGC 6715 = HW -22
2) " " " 4147 = " + 2	2) " " " 4833 = " -35
3) " " " 5053 = " + 3	3) M 30 = " 7099 = " -4
4) M 3 = " 5272 = " + 4	4) " " " 362 = " -5
5) " " " 5466 = " + 5	5) 47 Tuc = " 104 = " -6
6) " " " 5634 = " + 6	6) M 2 = " 7089 = " -7
7) M 5 = " 5904 = " + 7	7) M 72 = " 6981 = " -8
8) M 13 = " 6205 = " + 8	8) M 15 = " 7078 = " -10
9) " " " 6299 = " + 9	9) M 79 = " 1904 = " -11
10) M 68 = " 4590 = " +10	10) " " " 7006 = " -16
11) M 92 = " 6341 = " +11	11) " " " 6934 = " -17
12) " " " 2419 = " +13 ^a	12) " " " 6723 = " -18
13) M 12 = " 6218 = " +14	13) " " " 6397 = " -25
14) M 10 = " 6254 = " +15	14) " " " 6541 = " -27
15) " " " 6171 = " +16	15) M 22 = " 6656 = " -33
16) M 80 = " 6093 = " +18	16) M 28 = " 6626 = " -39
17) M 4 = " 6121 = " +20	17) " " " 288 = " -1
18) Cen = " 5139 = " +21	18) " " " 7492 = " -2
19) " " " 6366 = " +22	19) M 75 = " 6864 = " -12
20) M 14 = " 6402 = " +24	20) " " " 6752 = " -13
21) M 9 = " 6333 = " +29	21) M 55 = " 6809 = " -14
22) " " " 3201 = " +30	22) " " " 4712 = " -41
23) M 56 = " 6779 = " +36	23) " " " 2808 = " -30
24) M 62 = " 6266 = " +39	24) M 71 = " 6838 = " -40/41
25) " " " 5897 = " +13	25) " " " 6362 = " -19
26) " " " 6356 = " +32	26) " " " 6558 = " ---
27) " " " 5694 = " +12	27) " " " 6522 = " -44
28) M 67 = " 2682 = " +11/12	28) " " " 6553 = " -46
29) " " " 2158 = " +46/47	29) " " " 6584 = " -20
30) " " " 6426 = " +19	30) " " " 6528 = " -42
31) " " " 6287 = " +28	31) " " " 7789 = " ---
32) " " " 6284 = " +33	
33) M 19 = " 6273 = " +35	
34) " " " 6293 = " +38	

Los 43 cúmulos globulares mal visibles

En latitud galáctica positiva:	En latitud galáctica negativa:
1) Cúmulo de Baade = HW +7/ε	1) NGC 6638 = HW -34
2) NGC 6144 = " +23	2) " 1851 = " -9
3) " 5986 = " +25	3) " 6760 = " -45
4) " 6235 = " +26	4) " 2298 = " -23
5) " 6535 = " +31	5) " 4372 = " -31
6) " 6539 = " +42	6) " 1261 = " -3
7) " 5286 = " +27	7) " 1841 = " -9/10
8) " 5824 = " +17	8) IC 4499 = " -15
9) " 6342 = " +34	9) NGC 6101 = " -21
10) " 6325 = " +37	10) M 70 = " 6681 = " -24
11) " 6139 = " +40	11) " 6652 = " -26
12) " 6517 = " +41	12) " 6717 = " -27/28
13) " 6316 = " +43	13) M 69 = " 6637 = " -28
14) " 6304 = " +44	14) " 6496 = " -29
15) " 5927 = " +45	15) " 6624 = " -32
16) IC 1276 = " +---	16) " 6352 = " -36
17) NGC 6355 = " +---	17) " 6569 = " -37
18) " 5946 = " +46	18) " 6388 = " -38
19) " 6440 = " +47	19) " 6642 = " ---
20) " 6401 = " +48	20) " 6441 = " -40
	21) " 6453 = " -43
	22) " 6380 = " ---
	23) " 6544 = " -47





sigue inmediatamente la magnitud absoluta W (tablas 3a y 3b) columna 18), aún sin conocer la absorción interestelar. Este hecho ya ha sido mencionado por H. Wilkens (1945 p. 72) y Mowbray (1946 p. 177).

Para determinar $\lg R$ en la ecuación (5a) necesitamos conocer la absorción interestelar S (Tablas 3a y 3b columna 6). Ella fué calculada según la fórmula:

$$S_{ob} = \frac{E_{ob}}{E_{i,a}(B;R)} \cdot S_{i,a}(B;R) \quad (7)$$

$E_{ob} = 0.05 + E_{s,i}$. $E_{s,i}$ es el exceso de color observado por Stebbins y Whitford (1936) en los cúmulos globulares. $E_{i,a}$ y $S_{i,a}$ fueron tomados de la publicación de H. Wilkens (1945 tabla 15). En el caso de que E_{ob} fuese negativo o no haya sido medido, se tomó $S_{ob} = S_{i,a}(B;R)$.

Para resolver la ecuación (3), es decir, para calcular $\lg Dm$, falta ahora solamente el diámetro aparente ω . Sólo unos quince cúmulos contienen un número suficiente de variables y distribuidas en forma regular, para que se pueda determinar con exactitud el diámetro aparente ω , a partir de las variables en la forma arriba mencionada.

Por otra parte, Shapley y Sayer (1935) han dado los diámetros aparentes ω , de 70 cúmulos medidos con sensitómetro, los cuales son seguramente exactos, pero están falseados todavía por la absorción interestelar en una forma hasta ahora desconocida. Para determinar la influencia de la absorción, utilizaremos las figuras 1a, 2a y 1b, 2b respectivamente.

Estas dos figuras 1 y 2 se basan en las dos fórmulas (2) y (3), las cuales, como se dijo, son completamente independientes. En correspondencia al hecho de que m y R son los valores conocidos en la ecuación (2) y W el valor desconocido, hemos llamado las figuras 1a y 1b el diagrama m, R, W ; en correspondencia al hecho de que R y ω son los valores conocidos en la ecuación (3) y Dm el valor desconocido, hemos llamado las figuras 2a y 2b, el diagrama R, ω, Dm .

$$\text{Por la fórmula (2): } \frac{m}{5} = \frac{W}{5} + \lg R$$

ó escrito en otra forma: $y = a + b \cdot x$

todos los cúmulos de una cierta magnitud absoluta constante W se colocan en la figura 1 automáticamente sobre una línea recta a 45° . Cada cúmulo se representa en la fig. 1 por una flecha,

cuyo origen está en las coordenadas $x_0 = \lg R$, $y_0 = \frac{m}{5}$ y cuyo extremo (punta de la flecha)

se encuentra en las coordenadas $x = \lg R + \frac{S}{5}$; $y = \frac{m}{5} + \frac{S}{5} + \frac{m}{5}$

La corrección de los datos observacionales ($\lg R$, $y = \frac{m}{5}$) por absorción interestelar es $\frac{S}{5}$

en ambas coordenadas para el mismo cúmulo globular. Todas las flechas —aunque de distinta longitud para distintos cúmulos— son por lo tanto paralelas entre sí, y tienen una pendiente igual a $+1$. Por la fórmula (3): $-\lg \omega = (-0.54 - \lg Dm) + \lg R$

ó sea: $y = a + b \cdot x$

todos los cúmulos de un cierto diámetro lineal constante Dm se reúnen en la fig. 2 automáticamente sobre una línea recta cuya pendiente es $+1$. Cada cúmulo globular se representa también en fig. 2 por una flecha, cuyo origen está en las coordenadas $x_0 = \lg R$, $y_0 = -\lg \omega$,

y cuyo extremo (punta de la flecha) se encontraba en el "primer ensayo" (no publicado aquí) en las coordenadas

$$x = \lg R_s - \frac{S}{5} = \lg R \quad y \quad y = -\lg \omega_s - \frac{S}{5} = -\lg \omega.$$

Ambos datos observacionales de un cúmulo dado ($\lg R_s$ y $\lg \omega_s$) se corrigieron, pues, por absorción interestelar en el mismo monto ($\frac{S}{5}$). En el primer ensayo todas las flechas tienen entonces la misma pendiente de 45° , pese a la distinta longitud de las flechas.

Los mismos cúmulos que se encuentran en la fig. 1 (diagrama m, R, W) sobre una recta correspondiente a un valor constante de W, debieran encontrarse también, al menos teóricamente, en la fig. 2 (diagrama R, ω , Dm) sobre una recta correspondiente a un valor constante para Dm.

Con esto se encuentra un par de valores W — Dm que se corresponden.

El conjunto de los cúmulos globulares da entonces la relación buscada entre $\frac{W}{5}$ y $\lg Dm$.

Como datos de observación para los diámetros aparentes ω_s se tomaron los valores microfotométricos de Shapley y Sayer (1935), porque son probablemente los mejores y existen para la mayoría de los cúmulos.

Decidimos controlar en lo posible estos valores ω_s (que casi siempre son mayores que los valores azules de Mowbray) mediante una serie de estimaciones de diámetros ω , basados en la distribución aparente de las estrellas variables pertenecientes al cúmulo. Es obvio que el diámetro aparente ω determinado por este método, no está afectado por absorción interestelar. Esto se evidencia también en el hecho de que nuestros diámetros aparentes ω , en la mayoría de los casos son mayores que los ω_s de Shapley y Sayer.

La diferencia $\lg \omega - \lg \omega_s$ mide el importe de la absorción. Podría pensarse que esta absorción fuera $\frac{S}{5}$. Pero el primer resultado importante de nuestra investigación es que la configuración de los puntos de la Fig. 1 sólo se reproduce bien en la Fig. 2 si la diferencia ($\lg \omega - \lg \omega_s$) se pone igual a $\frac{S}{10}$. Esto vale especialmente para los cúmulos que han sufrido una fuerte absorción. Dicho en otras palabras: un aumento de los diámetros aparentes ($\lg \omega_s$) de Shapley y Sayer por la cantidad $\frac{S}{5}$ produciría diámetros aparentes $\lg \omega$ —especialmente en casos de una fuerte absorción— mucho mayores que los que resultan aceptable en base a la distribución de las estrellas variables de los cúmulos globulares. Un aumento igual a $\frac{S}{10}$ es el valor adecuado.

Entonces en el "segundo ensayo" reproducido en la Fig. 2, la flecha comienza para cada cúmulo en las coordenadas $x_s = \lg R_s$; $y_s = -\lg \omega_s$ y termina en las coordenadas

$$x = \lg R_s - \frac{S}{5} = \lg R; \quad y = -\lg \omega_s - \frac{S}{10} = -\lg \omega$$

Por consiguiente, ahora también en la Fig. 2 resultan todas las flechas paralelas entre sí, pero la pendiente es tan sólo 1/2. Para simplificar la comparación de ambas figuras 1 y 2, hemos caracterizado los cúmulos individuales por diversos símbolos —véase la columna 3 en nuestras dos tablas 3a. y 3b.— de los cuales los puntos negros más grandes indican los puntos de mayor peso. Esto demuestra por una parte la bondad de los diámetros aparentes dados por Shapley y Sayer y por otra parte confirma la corrección $\frac{S}{10}$ elegida por nosotros. También se con-

firma la posibilidad de elegir el diámetro aparente verdadero $\lg \omega$ con ayuda de la distribución de las variables de cúmulo, por el hecho de que en las columnas (14), (16) y (17) de nuestras dos Tablas 3a. y 3b. muchas veces no pudimos elegir mejor diámetro $\lg \omega$ que el que

estaba dado por la ecuación $\lg \omega + \frac{S}{10} = \lg \omega$ En estos casos damos como "autor de $\lg \omega$ " Sha-

pley y Sayer (1935). La figura 2 de nuestro diagrama R. ω , Dm no significa en el fondo otra cosa que un mejoramiento de la Fig. 1 de Shapley y Sayer (1935), que era el punto de partida de la investigación.

El diagrama m, R. W (Fig. 1) muestra sin duda alguna, que las magnitudes absolutas W de los cúmulos globulares se extienden sobre varias magnitudes. El diagrama R. ω , Dm (Fig. 2) muestra asimismo que los diámetros lineales Dm de los cúmulos pueden variar casi en un factor 10. Por lo demás, la comparación de las dos figuras 1 y 2 ofrece una buena posibilidad para excluir de un principio los cúmulos inadecuados e inútiles para una posterior investigación (como por ejemplo el cúmulo de Baade HW + 7/8 cuya ubicación en la figura 1 no se reproduce aceptablemente en la Fig. 2, sin que sea posible decir si m u ω están mal determinados. La división en dos partes de los 108 cúmulos globulares en 65 cúmulos "bien visibles" (Tabla 2a.) y 43 cúmulos "mal visibles" (Tabla 2b.) pudo ser terminada ahora por comparación de las dos figuras 1 y 2, si aún hubiera dudas en algún caso.

Por otra parte se ofrece la posibilidad (por ej. en el caso de NGC 5272 = HW - 4 ó NGC 5466 = HW + 5 ó NGC 6171 = HW + 16 ó NGC 6981 = HW - 8 ó NGC 7006 = HW - 16) de elegir el diámetro aparente real de una manera más exacta que el suministrado por la distribución de variables. En algunos casos las variables más alejadas de los cúmulos deben considerarse ya como pertenecientes al campo galáctico. Inversamente resulta imposible que otros cúmulos sean tan pequeños como lo indicaría el diámetro derivado de la variable más lejana; existen probablemente otras variables a una distancia mucho mayor del centro del cúmulo que no se han descubierto todavía. Queda demostrado también que NGC 4147 = HW - 2 no es un sistema "anormal" sino que, respecto a su luminosidad y diámetro, se encuentra al final de la escala de los cúmulos globulares donde éstos pasan ya poco a poco a la categoría de los cúmulos abiertos. Es interesante también que podemos ubicar al cúmulo NGC 6266 = HW - 39 en la serie general, suponiendo tan solo que, en lugar de la absorción S = 2.25 que da la fórmula, esta sea S = 1.0.

El último resultado de la comparación de las dos figuras 1 y 2 (diagrama m, R, W y diagrama R, ω , Dm) se obtiene mediante la fórmula de Mowbray:

$$\frac{W}{5} + F \cdot \lg Dm = \text{const.} \quad (8)$$

La fig. 6 de Mowbray (1946) "Magnitud absoluta en función del diámetro lineal" permite suponer una tal fórmula lineal entre $\frac{W}{5}$ y $\lg Dm$, pero la dispersión de los pocos puntos es tan grande que una nueva investigación de este problema parece estable. El valor teórico de F es, según Mowbray, 1.5. De los diámetros "azules" de Mowbray resulta F = 1.47. Los diámetros "rojos" de Mowbray y los diámetros microfotométricos de Shapley y Sayer dan sin embargo 0.92 y 1.09 respectivamente; su promedio anda cerca de F = 1.0 [factor de $\lg DM$ en (8)].

Entonces en base a las investigaciones de Mowbray uno de los dos casos siguientes es probablemente el exacto:

a) Sea el factor F en la fórmula (8) = 1.0.

Teóricamente podemos llegar también a este resultado de la manera siguiente:

De las ecuaciones (2) y (3) sigue la ecuación:

$$\frac{m}{5} - \frac{W}{5} = 0.54 + \lg Dm - \lg \omega \quad (9a.)$$

Supongamos:

$$\text{Const.} + 0.54 - \frac{m}{5} = \lg \omega \quad (9b.)$$

Por consiguiente:

$$\text{Const.} - \frac{W}{5} = \lg Dm \quad (9c.)$$

b) Sea el factor F en la fórmula (8) = 1,5;
Teóricamente podemos llegar también a este resultado de la manera siguiente:
De las ecuaciones (2) y (3) sigue una ecuación (la misma que 9a):

$$\frac{m}{5} - \frac{W}{5} = 0.54 + \lg Dm. - \lg \omega \quad (10a)$$

Supongamos:

$$\text{Const.} + 0.54 - 0.5 \lg Dm - \frac{m}{5} = \lg \omega \quad (10b)$$

Por consiguiente:

$$\text{Const.} - \frac{W}{5} = 1.5 \lg Dm. \quad (10c)$$

Entonces la suposición de la fórmula (8) según Mowbray equivale a aceptar la fórmula (9b) ó (10b).

Las dos ecuaciones (9b) y 10b) representan *el segundo resultado importante* de nuestra investigación pues ellas pueden controlarse directamente en la forma: $\text{const.} - x = y$ mediante los dos datos de observación $x = \frac{m}{5}$ (Tabla 3 columna 5 se deriva de Parenago, Kulkarkin, Floria 1949 tabla 1 columna 7) y $y = \lg \omega$. Ver Fig. 3.

4. — RESULTADO FINAL

Una mirada sobre la figura 3 muestra que los datos observacionales desde los cúmulos más fuertes hasta los más débiles forman evidentemente una línea recta con una dispersión sorprendentemente pequeña, cuando utilizamos sólo 55 cúmulos globulares "bien visibles".

En el caso de la fórmula (9b) —factor F = 1.0— todos los cúmulos sin consideración de los diámetros lineales respectivos, de su luminosidad absoluta o de su clase de concentración, deben formar teóricamente una única recta en la fig. 3.

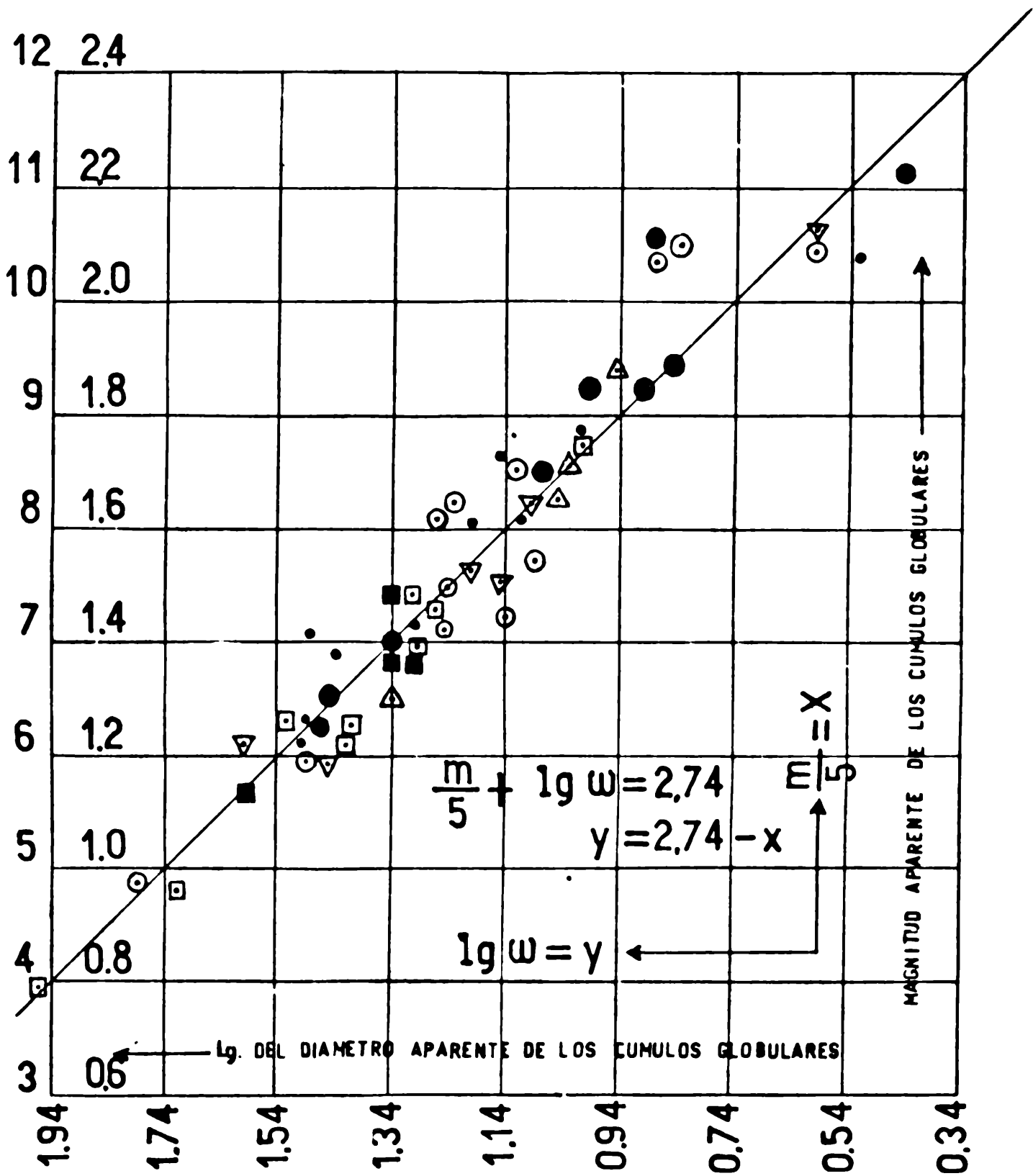
En el caso de la fórmula (10b) —factor F = 1.5)— todos los cúmulos por el contrario, deben formar una familia de rectas en la fig. 3, en estrecha dependencia del diámetro lineal resp. de su luminosidad absoluta o de su clase de concentración.

La fig. 3 muestra que las desviaciones de la recta "media", (tabla 3, columna 21).

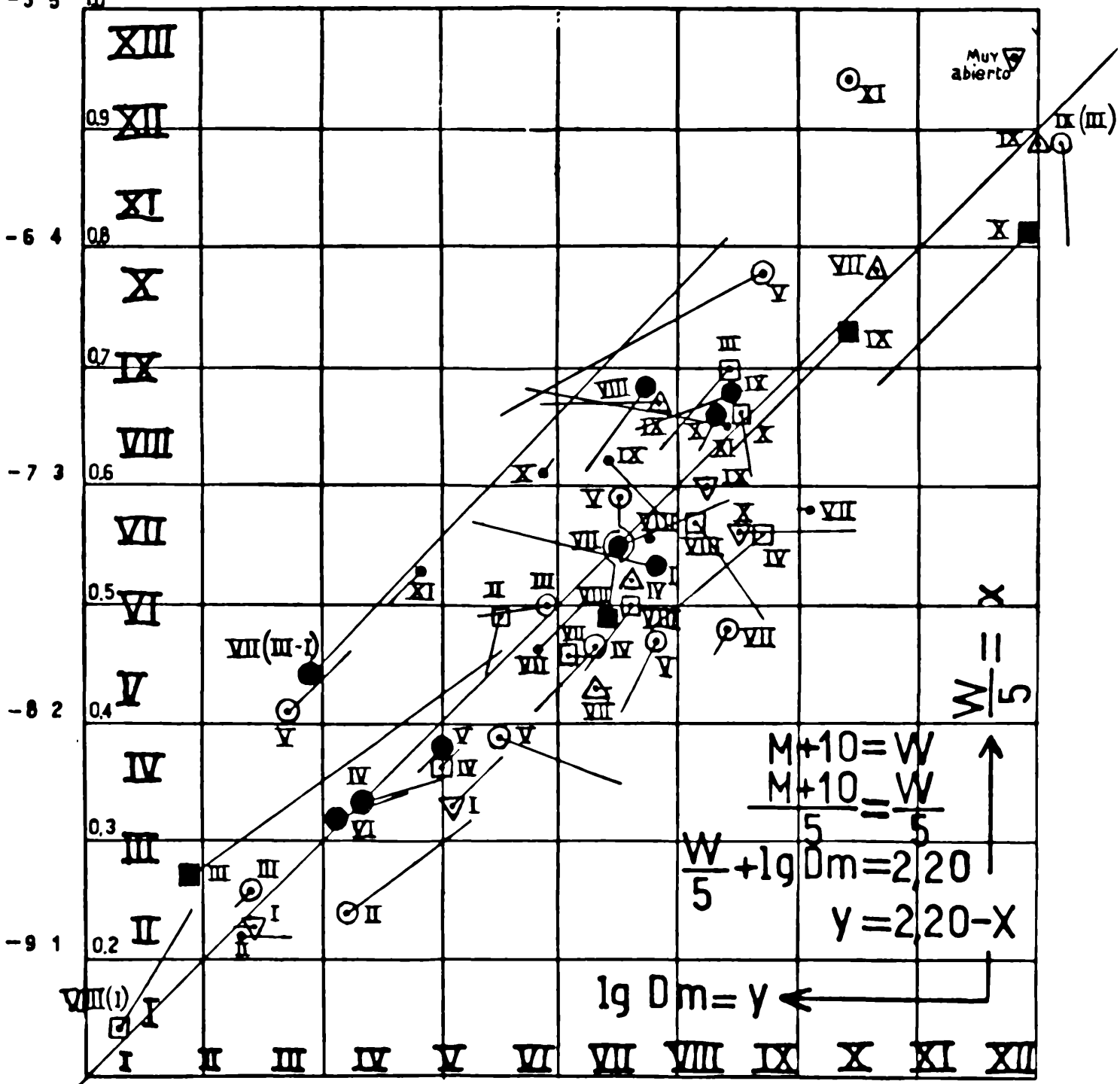
1) Son demasiado pequeñas para ser atribuidas a los más diversos valores de posibles diámetros lineales;

2) No muestran ninguna clase de relación con la clase de concentración.

Nuestra fig. 3 ha dado por lo tanto un resultado final unívoco en favor de la fórmula (9b) —factor F = 1.0—. El cálculo dió como resultado —columna 15 de nuestras dos tablas 3a y 3b—



M W $\frac{W}{5}$
-5 5 10



$\lg \left(\frac{D_m}{2} \right) = \lg$ del radio lineal (en parsec) de los cumulos globulares
 $\lg D_m = \lg$ del diametro lineal (en parsec) de los cumulos globulares

$$\frac{M+10=W}{5} = \frac{W}{5}$$

$$\frac{W}{5} + \lg D_m = 2,20$$

$$y = 2,20 - x$$

Muy abierto

$$\frac{W}{5}$$

$$\lg D_m = y$$

31 cúmulos glob. en latitud galáctica positiva: Const. + 0,54 = 2,753 es decir Const. = + 2,213
 24 cúmulos globulares en latitud galáctica negativa: Const. + 0,54 = 2,733 es decir Const. = + 2,193

55 cúmulos globulares en latitud galáctica toda: Const. + 0,54 = 2,743 es decir Const. = + 2,203
 ± 0,011

Numéricamente obtenemos el mismo valor para la constante cuando utilizamos la fórmula (9c) para su cálculo. (Ver fig. 4); porque de (2) y (3) sigue:

$$\frac{m}{5} - \lg R = \frac{W}{5}$$

$$\text{y} \quad \lg \omega + \lg R = 0,54 + \lg Dm.$$

La diferencia entre las dos figuras 3 y 4 consiste solamente en que el punto representativo de cada cúmulo globular se desplaza paralelamente a la recta media al pasar de la fig. 3 a la 4, en forma correspondiente a su propio valor de log R. Pero este desplazamiento paralelo no tiene ninguna influencia sobre el cálculo del valor de la constante en la fórmula (9b) ó (9c). La determinación del valor de la constante en las columnas (15) resp. (20) de nuestras Tablas 3a y 3b tiene que conducir por lo tanto forzosamente al mismo resultado numérico para const. en las dos ecuaciones lineales. Las "flechas" en la fig. 4 comienzan en las mediciones microfotométricas de ω y las distancias de Shapley; ellas terminan en los valores ω estimados por nosotros y a veces también en nuevas distancias. El extremo de la flecha está casi siempre más cercano de la recta "media" que su origen, porque los diámetros aparentes estimados por nosotros son mejores, mientras que diversos valores de la distancia, buenos o malos, no tienen aquí ninguna influencia. Según la variación de log R, varía $\frac{W}{5}$ en un sentido y log Dm en el opuesto, pero la suma de ambos da siempre como resultado un mismo valor "constante". La decisión de si $\frac{W}{5}$ ó log Dm están bien determinados sólo podría efectuarse comparando éstos con la clase de concentración (Cl) del cúmulo.

Por lo demás, también la Fig. 4 presenta con respecto a las dos ecuaciones posibles (9c) y (10c) una decisión terminante a favor del factor F = 1.0 (idéntico a lo que sucedió en la fig. 3), porque las dos ecuaciones (9b) y (9c) ó (10b) y (10c) existen siempre simultáneamente.

Por eso también los errores de observación Δ de la "constante" en la columna (21) de la tabla 3 son idénticos para (9b) y (9c). Ellos no muestran —como dijimos— ninguna relación con la clase Cl de la concentración de los cúmulos globulares; véase la columna (22).

Para mayor claridad, hemos escrito en la fig. 4 al lado de cada símbolo de un cúmulo su clase de concentración; esta última la hemos anotado también al borde de la fig. 4 en las dos coordenadas como simples funciones lineales de $\frac{W}{5}$ y log Dm. La clase de concentración no

puede estimarse en general con mucha exactitud —como vemos en la fig. 4—. Baade (1935) ha corregido seguramente muy bien la clase de NGC 2419 = HW + 13a a Cl = III — I, que Shapley y Sawyer (1927) habían indicado con Cl = VII. Pero el mismo autor Baade (1932) se ha equivocado seguramente al estimar con Cl = III el cúmulo NGC 4147 = HW + 2, donde Shapley y Sawyer (1927) indicaron Cl = IX. Una mirada a la fig. 4 muestra además, que por ej. la indicación de Shapley y Sawyer (1927) para ω Centauri = NGC 5139 = HW + 21 como perteneciente a la Cl = VIII nunca puede ser cierta. Sólo porque ω Centauri es uno de los cúmulos globulares más cercanos a nosotros y tiene además el mayor diámetro lineal (y la mayor luminosidad absoluta) nos parece tan disuelto. Según la fig. 4 debiere adjudicársele la clase Cl = I. Contrariamente NGC 7006 = HW — 16 no puede poseer nunca la clase Cl = I; es uno de los cúmulos más lejanos y parece por lo tanto tan fuertemente concentrado. 47 Tucanae = NGC 106 = HW — 6 por el contrario ha recibido de Shapley y Sawyer (1927) la clase

C1 = III que le corresponde exactamente, aunque esté tan cerca de nosotros como ω Centauri. La clase de concentración de un cúmulo es por consiguiente, en la mayoría de los casos, un dato de observación inseguro.

Una repetición de las figuras 3 y 4 (no publicadas) con los datos de observación "inseguros" de los 43 cúmulos globulares denominados "de mala visibilidad" no permitió reconocer ninguna relación funcional entre las coordenadas debido a la gran dispersión, con lo cual está bien justificada su exclusión de las investigaciones.

BIBLIOGRAFIA

- | | |
|---|---|
| H. SHAPLEY y H. B. SAWYER | "A classification of globular clusters". |
| | 1927 Harv Bull 849. |
| H. SHAPLEY y A. R. SAYER | "The angular diameters of globular clusters". |
| | 1935 Harv Repr 116. |
| J. STEBBINS y A. E. WHITFORD | "Absortion and space reddering in the galaxy from the colors of globular clusters". |
| | 1936 Ap J 84 p. 132. |
| HERBERT WILKENS | "Untersuchungen über die interstellares Absorption auf Grund von Blau—, Gelb— und Rotheiligkeiten von 27 Kugelhaufen". |
| | 1937 Mitteilungen Breslau, Band 4. |
| H. B. SAWYER | "A Catalogue of 1116 variable stars in globular clusters". |
| | 1939 D D Publ 1, nº 4. |
| HERBERT WILKENS | "Estadística estelar simultáneamente en varias longitudes de ondas efectivas y las leyes de la absorción interestelar". |
| | 1945 Publ. La Plata Ser. Astr. Tomo 22. |
| A. G. MOWBRAY | "The diameters of globular clusters". |
| | 1946 Ap J 104, p. 47. |
| H. B. SAWYER | "A bibliography of individual globular clusters". |
| | 1947 D D Publ 1, nº 20. |
| P. P. PARENAGO, B. W. KUKARKIN y N. F. FLORIA | "El sistema de los cúmulos globulares". |
| | 1949 Trabajos Sternberg (Moscú). Tomo 16, p. 47 (en ruso) |
| W. BECKER y J. STOCK | "Dreifarbenphotometrie des Sternhaufens M 67 (NGC 2682)". |
| | 1953 Z. f. A. 31, p. 316. |
| L. ROSINO | "Ricerche sugli ammassi globulari XI. Su alcuni ammassi stellari de dubbia classificazione". |
| | 1954 Contr. Asiago 52. |
| H. B. SAWYER | "A second catalogue of variable stars in globular clusters comprinsing 1421 entries". |
| | 1955 D D Publ 2, nº 2. |
| O. HECKMANN | "37. Comission des amas stellaires p. 343. |
| | 1955 IAU Dublin Meeting August-September 1955, Draft Reports. |

Se imprimió
en los Talleres Gráficos
OLIVIERI Y DOMÍNGUEZ,
de la ciudad de La Plata.
Calle 4 número 525.

