

Universidad de Madrid - Facultad de Ciencias

SEMINARIO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA

(Adherido a la Unión Nacional de Astronomía
y Ciencias Afines)

Publicación núm. 45

EL CICLO LARGO
DE LA ACTIVIDAD SOLAR

FOR

M. LÓPEZ ARROYO



PUBLICADO EN «VRANIA» NÚM. 248

MADRID

1959

DEPOSITO LEGAL, M. 723-1958

SUGRAÑES HNOS., EDITORES - TARRAGONA - CONDE DE RIUS, 9

EL CICLO LARGO DE LA ACTIVIDAD SOLAR

POR M. LÓPEZ ARROYO (*)

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace más de un siglo se conoce la existencia de una variación en la actividad solar que sigue un ciclo de aproximadamente once años de amplitud. Ya Schwabe en 1843 (1) anunció dicho ciclo y pocos años después Wolf, en un cuidadoso estudio, comprobó su existencia y determinó su amplitud con notable aproximación.

Más tarde, al hacer el estudio magnético de las manchas, se observó que el ciclo magnético completo es de unos 22 años, es decir, de dos ciclos de once. Este ciclo de 22 años, perfecta y definitivamente determinado en el carácter magnético de las manchas por la conocida ley de polaridad, no aparece, en cambio, en otros fenómenos periódicos de actividad solar. Por ejemplo, del comportamiento de los números relativos de Wolf no se puede deducir con seguridad, aunque como hace notar Waldmeier (2) existe una ligera diferencia sistemática entre los ciclos pares y los impares. Tampoco encuentran este ciclo Newton y Milson (3) al estudiar la asimetría entre el área manchada en los dos hemisferios Norte y Sur, aunque en un trabajo anterior Gnevishev y Ol (4) sí que parecían haber observado un ritmo de 22 años en el dominio alterno de la actividad solar en ambos hemisferios. Igualmente Tuominen (5) no llega a conclusiones definitivas al

(*) Publicación n.º 45 del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad de Madrid.

estudiar si existe variación, con el ciclo de 22 años, en los movimientos en latitud de las manchas. Por último, en otro fenómeno típicamente cíclico de la actividad solar, y para algunos el más importante (6), el de la emigración en latitud de las manchas, tampoco ha encontrado Gleissberg (7) el citado ciclo de 22 años.

Finalmente, desde que Wolf en 1861 (7) observó que los máximos de actividad solar no varían irregularmente, sino que hacia 1779 hubo un grupo de máximos altos, hacia 1810 de máximos bajos y hacia 1840 nuevamente de máximos altos, se ha hablado en multitud de trabajos sobre la existencia de un ciclo más largo, de unos 80 años de amplitud, es decir, de unos siete u ocho ciclos de once años. Una amplia y completa relación bibliográfica acerca de este ciclo largo se puede ver en un reciente artículo de Waldmeier (9). En él comprueba la existencia de este ciclo en la variación de los números relativos de Wolf y en un desfase en la actividad de los dos hemisferios Norte y Sur desfase que, por otra parte, es lo que se debe deducir del trabajo citado de Newton y Milson como hace ver Waldmeier. Otros fenómenos en los que se pone de manifiesto este ciclo largo son la variación de la latitud media de las manchas solares (10) y la variación del área media diaria máxima de cada ciclo, cuando se relaciona con el tiempo de ascensión del ciclo (11).

II. DISTRIBUCIÓN DE LAS MANCHAS OBSERVADAS UN SOLO DÍA POR CICLOS DE ACTIVIDAD SOLAR.

En un trabajo anterior (12) he utilizado las manchas observadas un solo día en Greenwich para descubrir la existencia de regiones activas o libres en la superficie solar. Como un resultado subsidiario de las clasificaciones que hube de hacer con dichas manchas, obtuve su distribución por ciclos de actividad solar. Esta distribución es la de la Tabla I, en que las manchas aparecen clasificadas por ciclos y dentro de cada ciclo por intervalos de latitud.

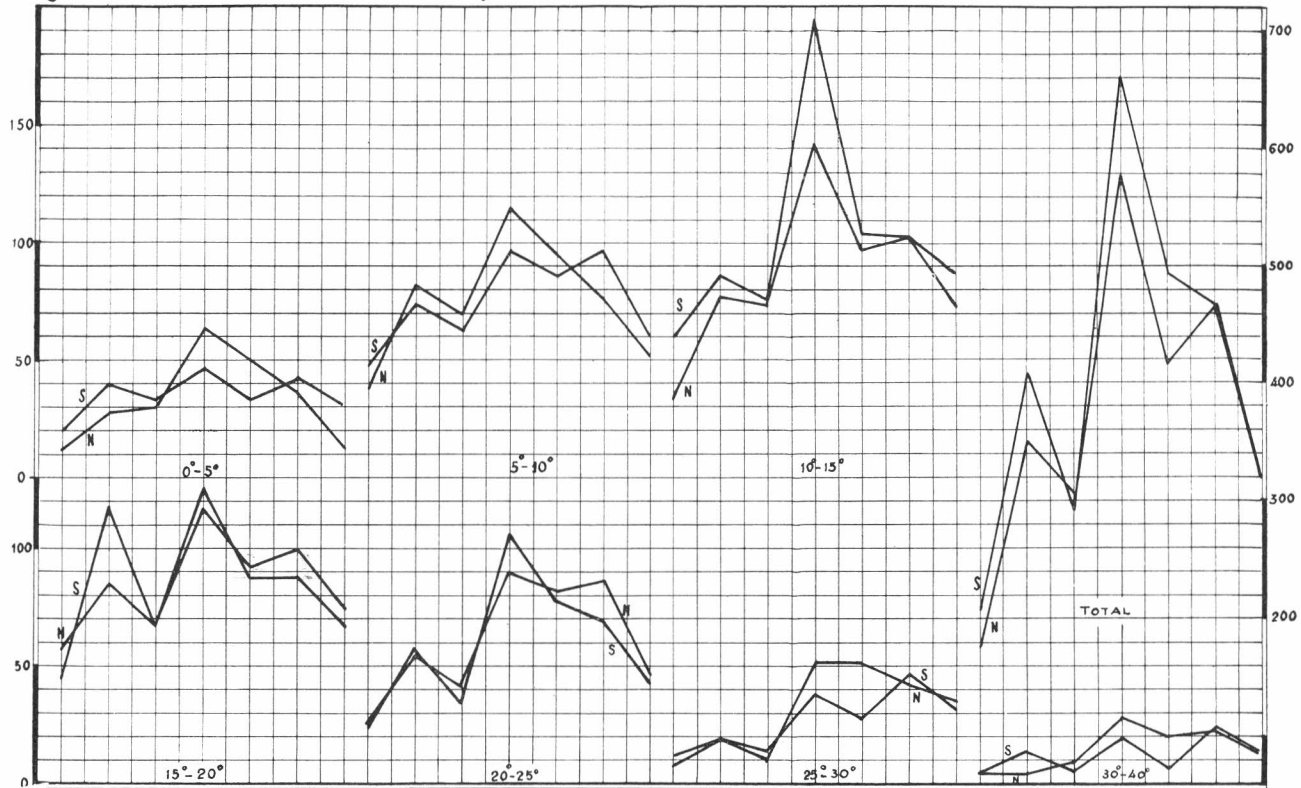
La representación gráfica de la distribución obtenida es la de la figura 1.

Dos hechos llaman inmediatamente la atención a la vista de estas gráficas.

1) La existencia de una variación en el número de manchas que puede ser cíclica con un ciclo de amplitud posiblemente igual a siete u ocho ciclos de once años.

2) Una clara alternancia en el número de manchas de los ciclos consecutivos que pone de manifiesto la existencia de un ciclo de 22 años superpuesto al de 11.

Fig 1. DISTRIBUCION DE LAS MANCHAS SOLARES OBSERVADAS UN SOLO DIA EN GREENWICH POR INTERVALOS DE LATITUD Y, DENTRO DE CADA INTERVALO, POR CICLOS .



T A B L A I

N O R T E								
N.º del ciclo		12	13	14	15	16	17	18
Latitud								
0	— 5	12	28	31	63	50	36	12
5,1	— 10	38	82	69	115	95	76	52
10,1	— 15	34	76	73	194	103	102	87
15,1	— 20	57	85	67	117	92	99	75
20,1	— 25	25	55	42	89	82	86	46
25,1	— 30	7	19	10	51	51	42	35
30,1	— 40	3	4	9	27	19	22	12
40,1	— 90	—	1	1	4	1	2	2
		176	350	302	660	493	465	321

S U R								
N.º del ciclo		12	13	14	15	16	17	18
Latitud								
0	— 5	19	40	32	47	34	43	30
5,1	— 10	48	74	63	97	85	97	59
10,1	— 15	59	86	75	142	97	103	73
15,1	— 20	43	118	67	124	87	88	67
20,1	— 25	22	57	34	106	78	69	43
25,1	— 30	11	19	14	37	28	46	31
30,1	— 40	4	14	6	19	6	24	12
40,1	— 90	—	1	—	4	—	—	2
		206	409	291	576	415	470	317

1. *El ciclo largo deducido de las manchas observadas un solo día.*

La variación aparentemente sistemática en el número de manchas solares observadas un solo día está clara en todos los intervalos de latitud, incluso en aquellos poco nutridos de manchas y, naturalmente, también en el conjunto de cada hemisferio. Pero aún se hace más patente después de eliminar la variación debida al ciclo de 22 años que he citado en (2). Para efectuar esta eliminación basta utilizar el método de las medias móviles promediando cada dos valores consecutivos. El resultado de esta eliminación, consideradas todas las manchas de ambos hemisferios, es el representado en la figura 2.

La variación del número de manchas N parece no ser aleatoria sino sistemática, con un máximo entre los ciclos 15 y 16. No obstante, dado el escaso número de puntos del diagrama no podemos asegurar la no aleatoriedad de la distribución de N .

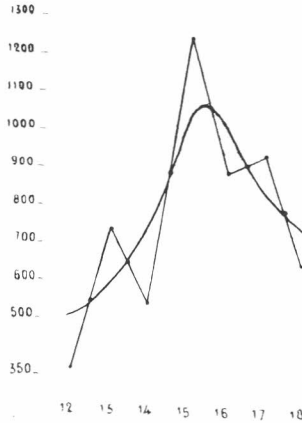


Fig 2. Distribución por ciclos solares del número total de manchas observadas un solo día.
Abscisas: ciclos solares.
Ordenadas: número de manchas.
La curva une los promedios de cada dos valores consecutivos.

Además puesto que las observaciones consideradas parecen no cubrir un ciclo completo, no podemos determinar la amplitud de éste, aunque el aspecto de la curva de la figura 2 sugiere que el período es de unos ocho ciclos de once años, de acuerdo con el valor obtenido para el ciclo largo considerando otros fenómenos como ya he dicho en la introducción.

2. Ciclo de 22 años.

Según he dicho el ciclo magnético de 22 años no aparece claramente en los números relativos de Wolf en los que sólo se percibe una ligera diferencia entre la actividad de los ciclos pares y los impares. Dicha diferencia es, en cambio, mucho más marcada en la distribución de las manchas observadas un solo día, como se ve en la figura 1. Todavía se hace más evidente la existencia del ciclo de 22 años eliminando en la gráfica obtenida el efecto producido por el ciclo largo. Esto se puede conseguir tomando como número de manchas en cada ciclo, no el observado, sino la diferencia entre éste y el correspondiente de la curva deducida en la figura 2. La representación gráfica de la distribución de las manchas después de esta eliminación es la de la figura 3.

3. *Desfase entre la curva de números relativos y la de números de manchas observadas un solo día.*

Otro hecho interesante se pone de manifiesto en la figura 4. En ella he representado los valores de los números relativos y el número de

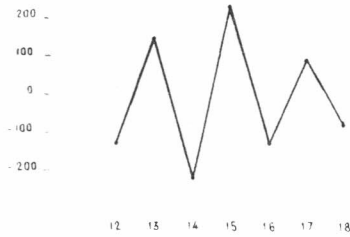


Fig. 3 Distribución de las manchas observadas un solo día en Greenwich por ciclos solares, después de haber eliminado el efecto del ciclo largo de 80 años.
Abscisas: ciclos solares.
Ordenadas: números de manchas.

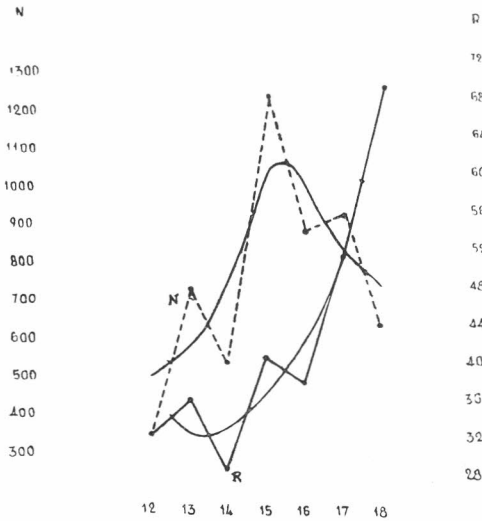


Fig. 4 Abscisas: ciclos solares.
Ordenadas: R números relativos
N número de manchas observadas un solo día.

manchas observadas un solo día distribuidos por ciclos solares. Como número relativo de cada ciclo he tomado la media de los números medios anuales. Con objeto de eliminar las fluctuaciones debidas al ciclo de 22 años he obtenido la curva de medias móviles en la forma que ya había dicho, es decir, promediando cada dos valores consecutivos.

Como se ve en la gráfica, también los números relativos siguen una variación sistemática a lo largo de los ciclos considerados, pero *las dos curvas aparecen defasadas*, de forma que mientras la de número de manchas alcanza el máximo entre los ciclos 15 y 16, la de número relativo lo tiene más tarde, quizá entre los 17 y 18 o aún después.

Recordemos que los números relativos de Wolf, R, se definen mediante la fórmula

$$R = k (10 g + f)$$

en que k es una constante que depende del aparato utilizado, del sistema de observación, de la visibilidad y del observador; g el número de grupos y f el número de manchas individuales.

Esta definición de R implica que los números relativos están preponderantemente influidos por los grupos de pequeña área. De aquí que, si no cambia notablemente la proporción de estas manchas de unos ciclos a otros, las gráficas de N y R debían ser paralelas. El estar desplazadas parece sugerir que la proporción de manchas de vida corta varía, es decir que la distribución relativa de las manchas de distintas duraciones no se mantiene constante, en contra de lo que generalmente se admite.

III. DISTRIBUCIÓN DE LAS MANCHAS SOLARES POR LA DURACIÓN DE SU VIDA

1. *Distribución observada.*

Con objeto de comprobar si es real la supuesta variación en la proporción de manchas de vida corta que parece indicar el desfase entre las gráficas de N y R he distribuído por duración de su vida el número total de manchas registradas en los "Greenwich Photoheliographic Results" durante los siete ciclos de actividad 12 a 18, o sea desde 1878,9 a 1954,3.

La distribución obtenida es la de la Tabla II. En ella para cada grupo recurrente he considerado la duración total, desde su primera aparición hasta su desaparición; los grupos recurrentes hasta 1906 los he tomado del Catálogo publicado en los G. P. R. de 1907, y desde 1907 en adelante, de los Catálogos que figuran cada año. Los grupos no recurrentes hasta 1885 han sido tomados de los "Supplementary Results" publicados en 1907.

La duración observada de la vida de una mancha no coincidirá en general con la duración real, ya que aquélla está influida por la distancia al meridiano en que se mueve la mancha, por el área de ésta y por el hecho de que sólo se puede observar en un hemisferio. Por lo tanto la distribución de la Tabla II no es la de las manchas por duración real de su vida; no obstante se puede deducir ésta conocida la de la tabla II, como demostraré en otra parte.

TABLA II

Ciclos	Duración observada de las manchas (días)																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12	367	293	139	110	111	94	55	50	56	45	43	53	39	3	—	—	—	—	2	1	4	—	2	3	4	4	8	13	15	12
13	741	276	189	187	122	109	104	108	82	75	71	72	59	12	—	—	—	1	1	3	1	4	4	2	8	3	9	9	12	13
14	547	201	149	158	97	102	83	80	60	48	47	57	40	—	—	—	1	—	1	1	1	1	7	4	6	4	11	7	14	15
15	1247	334	244	211	133	130	111	109	98	90	71	88	53	5	—	—	—	—	—	1	2	3	1	2	5	6	8	6	10	11
16	888	288	218	173	143	134	125	113	85	89	88	105	77	8	2	—	—	—	—	—	3	1	—	1	5	2	4	5	3	7
17	939	351	253	203	196	157	155	126	108	109	116	166	108	14	—	—	—	1	—	1	1	2	1	3	6	1	4	11	4	8
18	649	404	249	234	208	165	154	129	111	110	133	187	131	22	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	3	3	3	9	13

Ciclos	Duración observada de las manchas (días)																														
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	>60
12	7	6	5	7	9	7	10	13	13	4	4	1	—	—	—	—	—	—	2	—	1	1	1	1	3	4	3	2	2	37	
13	12	22	13	8	9	10	15	17	19	11	2	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	3	1	2	3	3	6	6	2	43	
14	10	9	12	9	9	11	13	10	10	9	1	—	—	1	—	—	—	1	1	1	2	2	3	1	2	5	3	3	2	41	
15	14	13	16	14	16	9	7	16	19	11	3	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	1	1	—	3	5	3	3	36	
16	3	5	9	10	7	13	6	8	16	16	7	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	2	2	3	—	5	26	
17	6	14	13	15	16	8	16	14	19	20	5	2	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	1	2	—	2	1	3	1	42
18	15	14	10	22	19	9	20	21	20	26	6	—	2	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	—	2	7	2	5	4	49

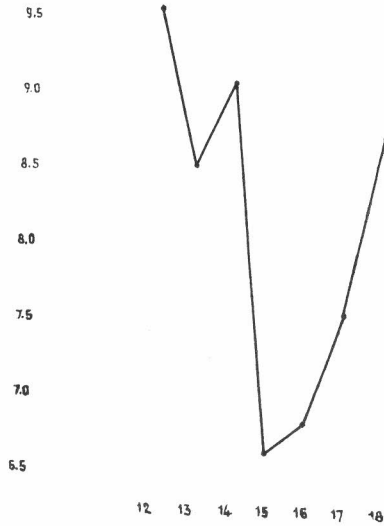


Fig. 5 Variación de la vida media de las manchas solares.
Abscisas: ciclos solares.
Ordenadas: vida media de las manchas expresada en días.

En todo caso se puede obtener una información acerca de cómo varía la vida real de las manchas, a partir de la distribución II; de ella he deducido la vida media observada de las manchas para cada ciclo, que es la representada en la figura 5. Como se ve, dicha duración de la vida de las manchas solares parece variar sistemáticamente con un período que podría ser de unos ocho ciclos solares.

BIBLIOGRAFIA

- (1) SCHWABE. *A. N.* 21, 233, 1843.
- (2) WALDMEIER. *Astr. Mitt. Zürich*, 14, 133, 1935.
- (3) H. W. NEWTON y A. S. MILSON, *M. N.* 115, 402, 1955.
- (4) GNEVISHEV y OL, *Russ. Astr. J.* 25, 18, 1948.
- (5) TUOMINEN J. *Z. Ap.* 30, 261, 1952.
- (6) N. GLEISSBERG, *Pub. Istanbul Univ. Obs.* núm. 12, 1940.
- (7) W. GLEISSBERG, *Pub. Istanbul Univ. Obs.* núm. 20, 1942.
- (8) R. WOLF, *Astr. Mitt. Zürich*, 12, 1861.
- (9) WALDMEIER, *Astr. Mitt. Zürich*, 209, 1957.
- (10) MUAMMER DIZER, *An. Ap.* 19, 207, 1956.
- (11) J. XANTHAKIS, *Trab. Acad. Atenas*, 24, 1, 1958.
- (12) M. LÓPEZ ARROYO, *URANIA* 246, 1957.

PUBLICACIONES DEL SEMINARIO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID

- 1.—Efemérides de 63 Asteroides para la oposición de 1950. (1949).
- 2.—E. PAJARES: Sobre el cálculo gráfico de valores medios. (1949).
- 3.—J. PENSADO: Órbita del sistema visual σ^2 U Maj. (1950).
- 4.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1951. (1950).
- 5.—J. M. TORROJA: Corrección de la órbita del Asteroide 1395 "Aribeda". (1950).
- 6.—R. CARRASCO y J. M. TORROJA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1371 "Resi". (1951).
- 7.—J. M. TORROJA y R. CARRASCO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1560 (1942 XB) y efemérides para la oposición de 1951. (1951).
- 8.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 728-32 Orionis. (1951).
- 9.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1952. (1951).
- 10.—J. PENSADO: Órbita provisional de Σ 1883. (1951).
- 11.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 2052. (1952).
- 12.—Efemérides de 88 Asteroides para la oposición de 1953. (1952).
- 13.—J. PENSADO: Órbita de ADS 9380 = Σ 1879. (1952).
- 14.—F. ALCAZAR: Aplicaciones del Radar a la Geodesia. (1952).
- 15.—J. PENSADO: Órbita de ADS 11897 = Σ 2438. (1952).
- 16.—B. RODRÍGUEZ SALINAS: Sobre varias formas de proceder en la determinación de períodos de las mareas y predicción de las mismas en un cierto lugar. (1952).
- 17.—R. CARRASCO y M. PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1528 "Conrada". (1953).
- 18.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Órbita de ADS 1709 = Σ 228. (1953).
- 19.—J. BALTÁ: Recientes progresos en Radioastronomía. Radiación solar hiperfrecuente. (1953).
- 20.—J. M. TORROJA y A. VÉLEZ: Corrección de la órbita del Asteroide 1452 (1938 DZ₁). (1953).
- 21.—J. M. TORROJA: Cálculo con Cracovianos. (1953).
- 22.—S. AREND: Los polinomios ortogonales y su aplicación en la representación matemática de fenómenos experimentales. (1953).
- 23.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Determinación de los instantes de los contactos en el eclipse total de sol de 25 febrero de 1952 en Cogo (Guinea española). (1954).
- 24.—J. PENSADO: Órbita de la estrella doble Σ 2 (1954).
- 25.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1420 "Radcliffe" (1954).
- 26.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1557 (1942 AD) (1954).
- 27.—R. CARRASCO y M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1290 "Albertine". (1954).

(Continúa en la tercera de cubierta)

- 28.—J. PENSADO: Distribución de los períodos y excentricidades y relación período excentricidad en las binarias visuales (1955).
- 29.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Nueva órbita del Asteroide 1372 "Haremari" (1955).
- 30.—M. DE PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1547 (1929 CZ) (1955).
- 31.—J. M. TORROJA: Órbita del Asteroide 1554 "Yugoslavia" (1955).
- 32.—J. PENSADO: Nueva órbita del Asteroide 1401 "Lavonne" (1956).
- 33.—J. M. TORROJA: Nuevos métodos astronómicos en el estudio de la figura de la Tierra. (1956).
- 34.—D. CALVO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1466 "Mündleria". (1956).
- 35.—M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1238 "Predappia". (1956).
- 36.—J. PENSADO: Distribución de las inclinaciones y de los polos de las órbitas de las estrellas dobles visuales. (1956).
- 37.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Resultados de la observación del eclipse total de sol de 30 de junio de 1954 en Sydkoster (Suecia) (1957).
- 38.—ST. WIERZBINSKI: Solution des équations normales par l'algorithme des cracoviens. (1958).
- 39.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Rectificación de la órbita del Asteroide 1192 "Prisma". (1958).
- 40.—M. LÓPEZ ARROYO: Sobre la distribución en longitud heliográfica de las manchas solares. (1958).
- 41.—F. MÚGICA: Sobre la ecuación de Laplace. (1958).
- 42.—F. MARTÍN ASÍN: Un estudio estadístico sobre las coordenadas de los vértices de la triangulación de primer orden española. (1958).
- 43.—ST. WIERZBINSKI: Orbite Améliorée de h 4539 = γ Cen = Cpd $-48^{\circ},4965$. (1958).
- 44.—D. CALVO BARRENA: Rectificación de la órbita del asteroide 1164 "Kobolda". (1958).