

Programa de Análisis de Periodicidad de Estrellas Variables de Largo Período. I: Mira ¹

JAIME R. GARCÍA¹ Y JANET AKYÜZ MATTEI²

¹INSTITUTO COPERNICO, ARGENTINA

²AAVSO, CAMBRIDGE, MASS., U.S.A.

Key words: Variable stars. Long period variable stars. Periodicity. Mira

ABSTRACT

Within a program of periodicity analyses of long period variable stars, using visual observations from the AAVSO's archives. In this opportunity we choose from o Ceti, the popular Mira, the 3,371 ten days means from observations between the Julian dates 2,392,720 and 2,448,700. We have determined a fundamental period of 332.07 days, and another period of 3,675.03 days.

RESUMEN

Cumpliendo un programa de análisis de periodicidad de estrellas variables de largo período, se analizan las observaciones visuales existentes en los archivos de la AAVSO. En esta oportunidad se eligió a o Ceti, la popular Mira, entre los días Julianos 2.392.720 y 2.448.700, que totalizan 3.371 promedios de cada 10 días. Se determinó un período fundamental de 332,07 días, y otro período de 3.675,03 días.

Introducción

La bien conocida Mira, la primera variable periódica que fuera descubierta por David Fabricius en 1596, es, normalmente, una de las más observadas por todos los aficionados del mundo, debido a su posición tan próxima al Ecuador celeste. Sus coordenadas son: AR(1900.0):02h14m18s D(1900.0):-3° 26.1'. Su rango de variabilidad es 2.0-10.1 y su efemérides es $T_m = DJ\ 2441830 + 331.86 \times E$. Trabajos anteriores han demostrado que, lejos de tratarse de un objeto común o poco interesante, Mira es una estrella que depara interesantísimas características. Entre otras cosas, Mira presenta emisiones maser de SiO, es doble y su compañera, VZ Cet, es también variable de clase espectral Be y probablemente interactúa con la materia eyectada por la componente A, o sea la gigante roja (M5e-M9e).

Observaciones

Las observaciones visuales utilizadas en este trabajo son las pertenecientes al archivo de la American Association of Variable Star Observers (AAVSO), a partir de las cuales fueron realizados promedios cada 10 días, en las oficinas centrales de AAVSO, en Cambridge, Massachussets, EE.UU. En total se procesaron 3.371 promedios en el Instituto Copérnico, en Buenos Aires, Argentina, que luego analizamos, ambos autores, en Buenos Aires. Las gráficas de las curvas de luz se presentan en seis tramos en las figuras 1a hasta 1f.

¹ Este trabajo fue presentado al II Simposio Latinoamericano de Observadores de Estrellas Variables, Montevideo, Uruguay, Noviembre 13 de 1992.

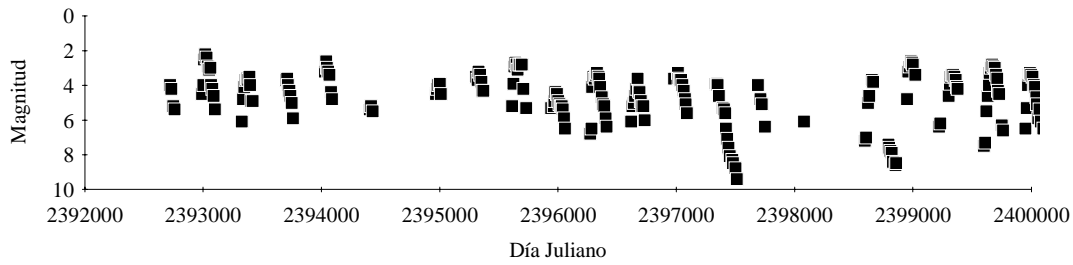


Figura 1a Curva de luz de Mira (primer tramo).

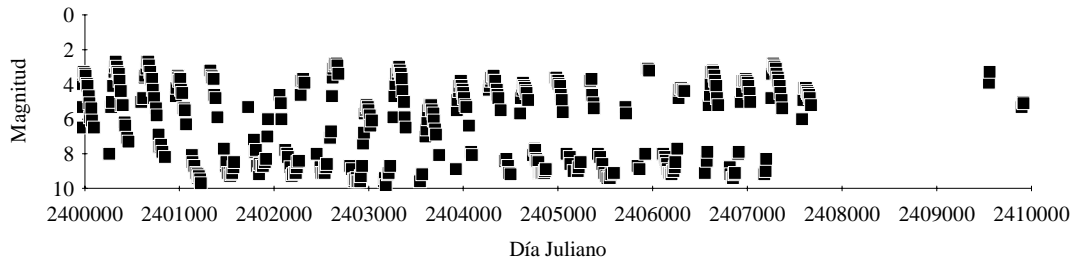


Figura 1b Curva de luz de Mira (segundo tramo).

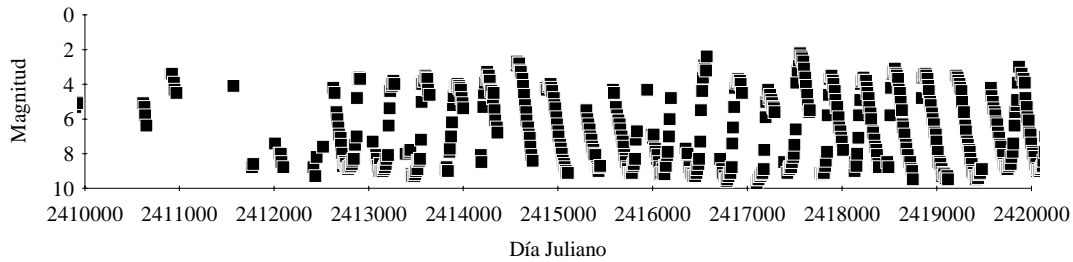


Figura 1c Curva de luz de Mira (tercer tramo).

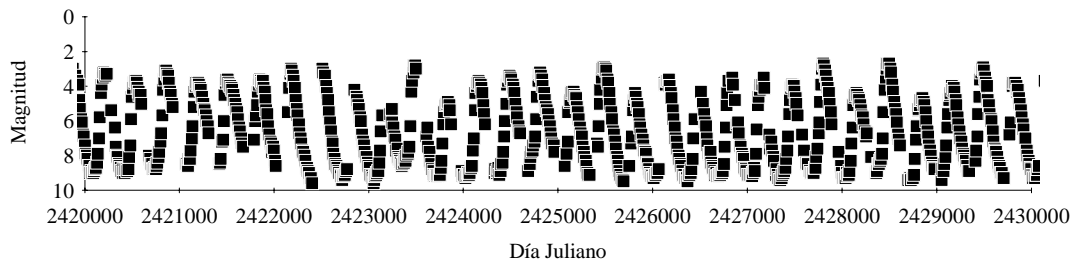


Figura 1d Curva de luz de Mira (cuarto tramo).



Figura 1e Curva de luz de Mira (quinto tramo).

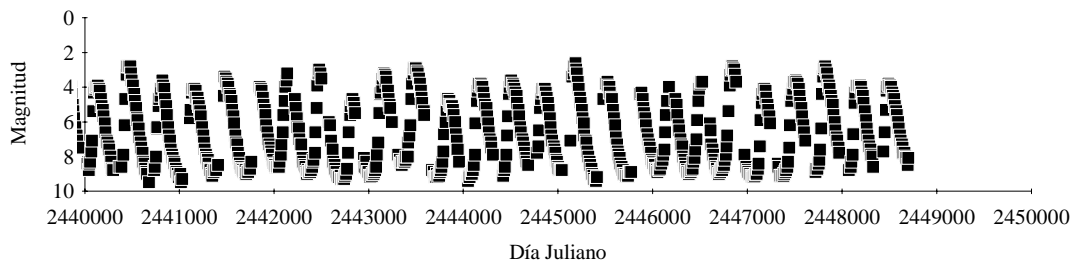


Figura 1f Curva de luz de Mira (sexto tramo).

Análisis

Para el procesamiento de los promedios se utilizó el programa de computadora desarrollado en el Instituto Copérnico para tales efectos (Bazterra y García, 1992). Este software está basado en el análisis de Fourier de datos desigualmente espaciados. El periodograma correspondiente se ve en la figura 2. Allí se ve claramente el pico correspondiente a un período de 332,07 días.

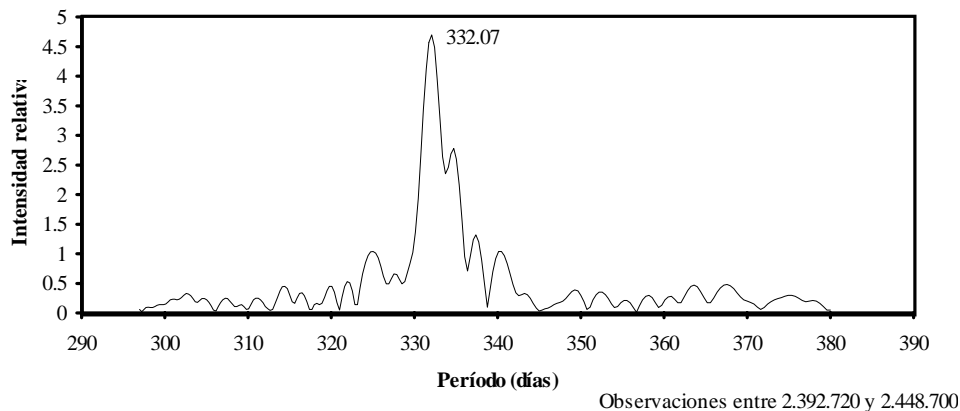


Figura 2 Periodograma para Mira con su máximo en 332.07 días

Para ese período se obtuvo la curva de luz media que puede verse en la figura 3. La dispersión de la curva se debe, obviamente, a cambios en el período.

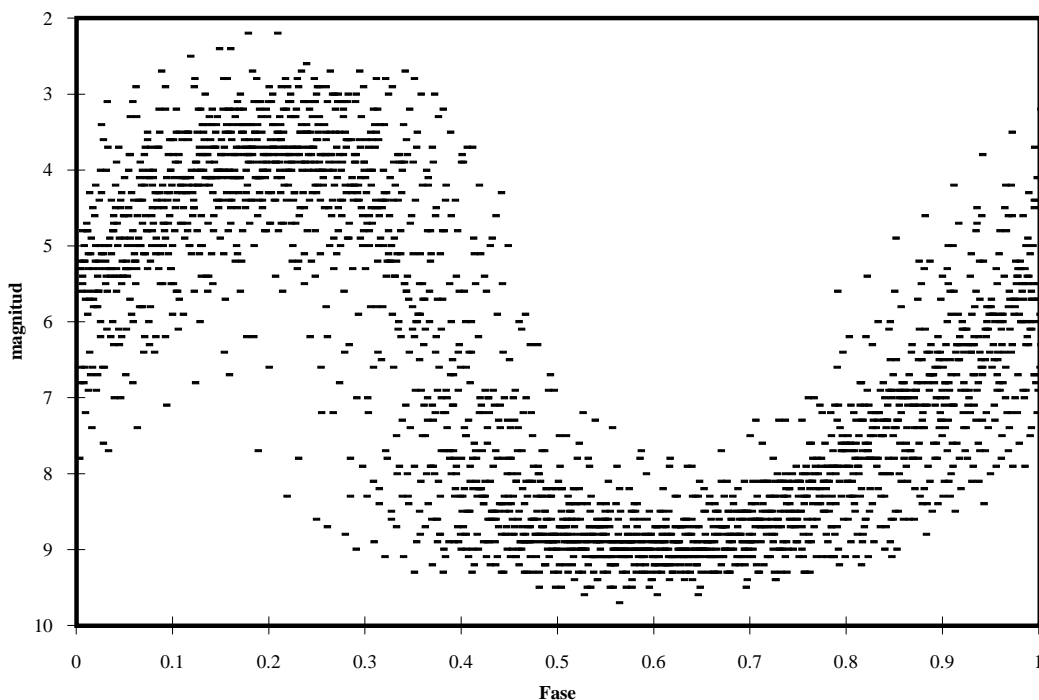


Figura 3 Curva de luz media para Mira sobre un período de 332.07 días.

Guthnik (1902) había establecido la existencia de períodos de 233, 85, 72 y 36 años, lo que nos llevó a determinar los instantes de máximo a partir de los promedios. Estos máximos están exhibidos en la tabla I. Se determinó uno de los máximos como fase inicial, y, a partir de allí se establecieron los números de época y se calcularon los números O-C (observado menos calculado).

Tabla I: Máximos de Mira, épocas y O-C

Epoca	Observ.	Mag.	Calc.	O-C
-157	2393020	2.2	2393007	12.81521
-156	2393390	3.5	2393339	50.8683
-155	2393710	3.6	2393671	38.92139
-154	2394040	2.6	2394003	36.97447
-150	2395330	3.2	2395331	-0.81318
-149	2395680	2.8	2395663	17.2399
-147	2396330	3.3	2396327	3.346073
-146	2396670	3.6	2396659	11.39916
-145	2397010	3.3	2396991	19.45224
-144	2397340	3.9	2397322	17.50533
-143	2397690	4	2397654	35.55842
-140	2398650	3.7	2398650	-0.28233
-139	2398980	2.6	2398982	-2.22924
-138	2399340	3.4	2399314	25.82385
-137	2399670	2.8	2399646	23.87693
-136	2399990	3.3	2399978	11.93002
-135	2400330	2.7	2400310	19.9831
-134	2400670	2.7	2400642	28.03619
-133	2400980	3.5	2400974	6.089276
-132	2401330	3.2	2401306	24.14236
-128	2402660	2.8	2402634	26.35471
-126	2403320	3	2403298	22.46088
-124	2403970	3.8	2403961	8.567049
-123	2404310	3.5	2404293	16.62013
-121	2404980	3.6	2404957	22.72631
-120	2405350	3.7	2405289	60.77939
-118	2405950	3.1	2405953	-3.11444
-117	2406300	4.2	2406285	14.93865
-116	2406640	3.3	2406617	22.99174
-115	2406980	3.7	2406949	31.04482
-114	2407280	2.9	2407281	-0.90209
-113	2407610	4.2	2407613	-2.84901
-103	2410920	3.4	2410932	-12.3181
-98	2412630	4.2	2412592	37.94728
-97	2412900	3.6	2412924	-23.9996
-96	2413260	3.8	2413256	4.053454
-95	2413610	3.6	2413588	22.10654
-94	2413940	4	2413920	20.15963
-93	2414250	3.3	2414252	-1.78729
-92	2414580	2.8	2414584	-3.7342
-91	2414910	4	2414916	-5.68112
-86	2416570	2.4	2416575	-5.41569
-85	2416900	3.7	2416907	-7.3626

Epoca	Observ.	Mag.	Calc.	O-C
-84	2417220	4.3	2417239	-19.3095
-83	2417560	2.2	2417571	-11.2564
-82	2417890	3.5	2417903	-13.2033
-81	2418230	3.6	2418235	-5.15026
-80	2418560	3.1	2418567	-7.09717
-79	2418880	3.4	2418899	-19.0441
-78	2419210	3.5	2419231	-20.991
-75	2420200	3.2	2420227	-26.8317
-74	2420540	3.7	2420559	-18.7787
-73	2420860	3.1	2420891	-30.7256
-72	2421200	3.8	2421223	-22.6725
-70	2421860	3.7	2421887	-26.5663
-69	2422180	3	2422219	-38.5132
-68	2422510	3	2422550	-40.4601
-65	2423490	2.8	2423546	-56.3009
-64	2423840	4.9	2423878	-38.2478
-63	2424160	3.7	2424210	-50.1947
-62	2424490	3.4	2424542	-52.1416
-61	2424810	3.2	2424874	-64.0885
-60	2425150	4.3	2425206	-56.0355
-59	2425480	2.9	2425538	-57.9824
-58	2425810	4.4	2425870	-59.9293
-57	2426160	3.7	2426202	-41.8762
-55	2426840	3.5	2426866	-25.77
-54	2427170	3.5	2427198	-27.7169
-53	2427470	3.9	2427530	-59.6639
-52	2427800	2.7	2427862	-61.6108
-51	2428150	4.4	2428194	-43.5577
-50	2428490	2.7	2428526	-35.5046
-49	2428850	4.7	2428857	-7.45151
-48	2429160	4	2429189	-29.3984
-47	2429490	2.9	2429521	-31.3453
-46	2429820	3.8	2429853	-33.2923
-45	2430180	3.6	2430185	-5.23917
-44	2430520	3.6	2430517	2.813921
-43	2430820	3.1	2430849	-29.133
-42	2431160	4	2431181	-21.0799
-41	2431490	2.8	2431513	-23.0268
-40	2431820	4.3	2431845	-24.9737
-39	2432160	4.3	2432177	-16.9206
-38	2432480	3.1	2432509	-28.8676
-37	2432820	3.7	2432841	-20.8145
-36	2433150	2.9	2433173	-22.7614

Epoca	Observ.	Mag.	Calc.	O-C
-35	2433490	3.7	2433505	-14.7083
-34	2433810	3.5	2433837	-26.6552
-33	2434150	2.9	2434169	-18.6021
-32	2434500	3.3	2434501	-0.54905
-31	2434840	3.2	2434832	7.504038
-30	2435140	3.9	2435164	-24.4429
-29	2435490	3.7	2435496	-6.38979
-28	2435810	4.2	2435828	-18.3367
-27	2436180	3.9	2436160	19.71638
-26	2436480	3.1	2436492	-12.2305
-25	2436800	3.4	2436824	-24.1774
-24	2437150	3.1	2437156	-6.12436
-23	2437480	3.1	2437488	-8.07128
-22	2437810	3.9	2437820	-10.0182
-21	2438120	3.8	2438152	-31.9651
-20	2438460	3.5	2438484	-23.912
-19	2438820	3.4	2438816	4.141068
-18	2439140	3.3	2439148	-7.80585
-17	2439470	3.7	2439480	-9.75276
-16	2439810	3.4	2439812	-1.69967
-15	2440140	3.9	2440144	-3.64659
-14	2440470	2.8	2440476	-5.5935
-13	2440820	3.6	2440808	12.45958
-12	2441150	4.1	2441139	10.51267
-11	2441480	3.4	2441471	8.565756
-9	2442140	3.2	2442135	4.671927
-8	2442480	3	2442467	12.72501
-7	2442820	4.7	2442799	20.7781
-6	2443160	3.2	2443131	28.83119
-5	2443500	2.9	2443463	36.88427
-4	2443840	4.7	2443795	44.93736
-3	2444180	3.8	2444127	52.99044
-2	2444510	3.6	2444459	51.04353
-1	2444850	4.1	2444791	59.09661
0	2445180	2.6	2445123	57.1497
1	2445520	3.7	2445455	65.20279
3	2446170	4	2446119	51.30896
4	2446510	3.7	2446451	59.36204
5	2446840	2.8	2446783	57.41513
6	2447180	4.1	2447115	65.46822
7	2447510	3.6	2447446	63.5213
8	2447820	2.8	2447778	41.57439
9	2448170	3.9	2448110	59.62747
10	2448500	3.9	2448442	57.68056

Los datos de máximos de la tabla I difieren muy poco de los determinados por Mattei, Mayall y Waagen (1990), a pesar que ellas usaron las observaciones y aquí hemos utilizado únicamente los promedios cada diez días. Utilizando estos datos realizamos un diagrama O-C, que se muestra, en la figura 4, la típica oscilación descrita por Wood y Zarro (1981), y que atribuyen, la variación del período, a actividad de de tipo *helium-flash* (flashes de helio).

O-C

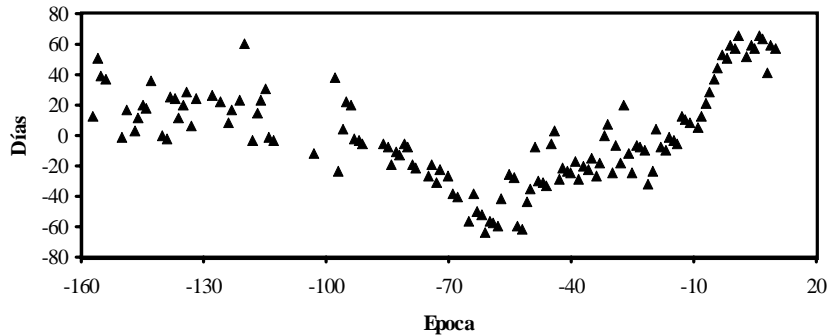


Figura 4: Diagrama O-C versus época para Mira

La tabla II muestra los datos de la regresión lineal realizada para los instantes de máximo consignados en la tabla I. En la figura 5 se muestra el gráfico de la regresión día Juliano versus época.

Tabla II: Regresión.

Constante	2445123
Error estándar de Y	31.69452
R ²	0.999996
No. de Observaciones	130
Grados de libertad	128
Coefficiente X	331.9469
Error estándar del Coeficiente.	0.057128

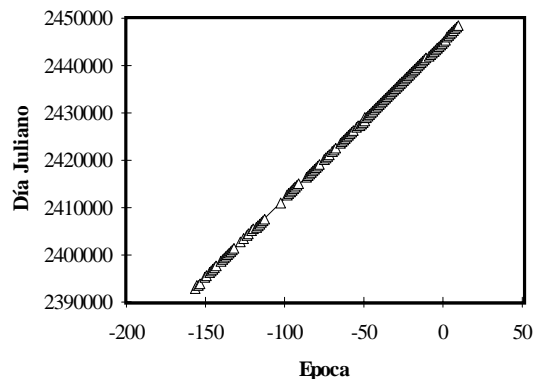
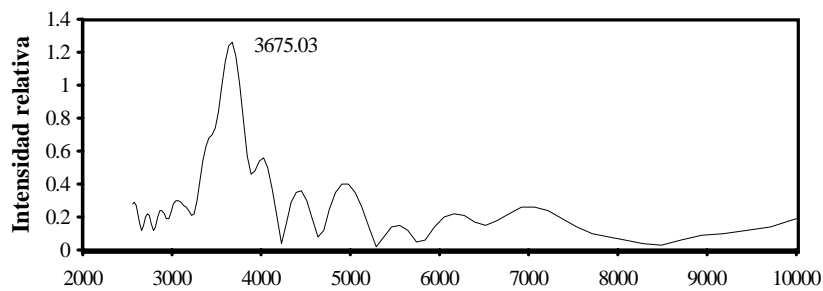


Figura 5 Diagrama día Juliano de máximo versus época para Mira.

Dada la presencia de esta variación en el diagrama O-C, realizamos un nuevo análisis del periodograma y encontramos un nuevo pico para un período de aproximadamente 10 años (3675,03 días). Este periodograma puede verse en la figura 6.



3371 promedios de 10 días

Periodograma entre 2.392.720 y 2.448700

Figura 6 Periodograma para Mira.

Conclusiones

Como conclusión podemos decir que es muy interesante el uso de los grandes archivos de observaciones que posee la AAVSO para la determinación de datos de periodicidad y forma de la curva de luz de estrellas variables. La efemérides aquí obtenida ($T_m = DJ\ 2.445180 + 332.07 \times E$) es una muestra de la calidad de la información existente en esos archivos. Las técnicas numéricas y computacionales, una especialidad del Instituto Copérnico, permiten que la alianza de estas dos instituciones pueda brindar interesantes frutos para la ciencia.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimeinto al personal de AAVSO y al del Instituto Copérnico por viabilizar este trabajo conjunto.

Referencias

Bazterra V.; García, J.R.: *Contribuciones del Instituto Copérnico* Vol. 1 Nro. 11, Noviembre 1992

Guthnik, P.: *Nova Acta Leopoldina* 79; *Astron. Nachr.* **157**,1, 1902

Mattei, J.A.; Mayall, M.W.; Waagen, E.O.: *Maxima and minima of long period variables, 1949-1975*, AAVSO, Cambridge, 1990.

Wood, P.R.; Zarro, D.M.: *Astrop. J.* **247**, 247, 1981

INSTITUTO COPERNICO
Casilla de Correos 51 Suc.48B, 1448 Buenos Aires, Argentina
e-mail: postmaster@icoper.edu.ar