

# VARIABLES EN M13

## LA NUEVA VARIABLE L940

Francisco A. Violat Bordonau  
Toni Bennasar Andreu

Asociación de Variabilistas de España  
Asesores Astronómicos Cacereños

fviolat@yahoo.es

En este trabajo presentamos un completo análisis de L940, la segunda variable descubierta por nosotros en M13, con curvas de brillo, periodograma y otros datos profesionales que la avalan como nueva variable.

Hemos comentado en artículos anteriores que las estrellas más brillantes de M13 son astros del tipo **gigante roja**: estrellas amarillentas de gran radio (unos 41 millones de km es el tamaño que le calculamos a V11), baja temperatura superficial (3.900 a 4.300° K) y amplia superficie emisora, pobres en metales (las de M13 se encuentran en el rango [Fe/H] -1.39 a -1.55 dex) y con magnitudes absolutas altas (-2.53<sup>a</sup> a -1.75<sup>a</sup>).

Cuando comenzamos nuestro estudio en serio de M13, en la primavera de 2001, buscamos estrellas brillantes (11.9-12.3<sup>a</sup> magnitud) para calibrar **IRIS**, el software fotométrico que empleamos: recurrimos, por tanto, a la brillante estrella **L940** (llamada así porque aparece en el puesto 940 dentro del catálogo de estrellas de M13, elaborado por Hans Ludendorff en 1905) debido a que brilla con magnitud **V 12.10<sup>a</sup>**. Y con esta idea en la cabeza comenzamos a medir las magnitudes de los distintos astros que componían el programa.

A los pocos días el Dr. Wayne Osborn, astrónomo americano a quien contactamos para que nos revisase la carta CCD que habíamos elaborado (a partir de uno de sus trabajos), nos comentó que no debíamos emplearla ya que era levemente variable: "*I have reviewed the chart. All of the stars are identified correctly. I note, however, that*

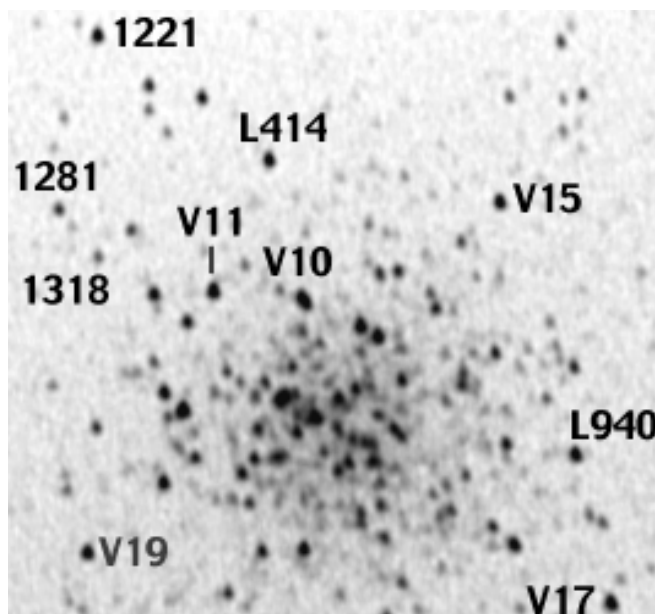


Imagen CCD de L940, las estrellas de comparación empleadas y algunas otras variables (F. A. Violat, SC-203 mm).

*the star a little south of the center of the cluster, marked 1202, is L629 and the star east of the cluster center marked 1210, which is L940, are probably variables. These stars should not be used as comparison stars*", con lo que cambiamos inmediatamente de estrella de referencia decantándonos por **L199** cuya magnitud **V** es **12.21<sup>a</sup>**.

Nuestro programa ha realizado un estudio foto-

### Gigantes rojas: magnitudes absolutas y amplitudes

Nº	V	M <sub>v</sub>	ΔV	ΔB	Tipo
11	11.95	-2.53	0.75	0.67	K0Ib
17	11.98	-2.50	0.45	0.64	K0Ib
20	12.03	-2.45	0.48	-----	K2Ib
33	12.09	-2.39	-----	-----	
19	12.10	-2.38	0.32	-----	
<b>L940</b>	<b>12.10</b>	<b>-2.20</b>	<b>0.10</b>	-----	
L414	12.15	-1.99	0.12	0.26	G8Ib
15	12.18	-2.30	0.18	0.22	
18	12.33	-2.15	0.42	-----	
10	12.51	-1.97	0.18	-----	G2

### Messier 13

Datos actualizados: junio del 2000

Nº	Nombre	Tipo	Máx.	Mín.	Δ	B-V	Período	Notas
<b>10</b>	L487	Gig. roja	12.47	12.65	0.18	1.29	35,62	Descubierta por Russev y Russeva en 1980.
<b>11</b>	L324	Gig. roja	11.88	12.63	0.75	1.59	91.77	Medida por Russev y Russeva en 1980.
<b>15</b>	L835	Gig. roja	12.18	12.36	0.18	1.45	39,23	Descubierta por Russev y Russeva en 1980.
<b>17</b>	L973	Gig. roja	11,98	12.43	0.45	1.53	43,27	Espectro K0Ib (datos del año 1978).
<b>18</b>	L72	Gig. roja	12.33	12.75	0.42	1.31	41.25	
<b>19</b>	L194	Gig. roja	12.10	12.42	0.32	1.50	44,48	
<b>20</b>	L70	Gig. roja	12.03	12.51	0.48	1.58	64,26	Espectro de tipo K2Ib.
<b>24</b>	L598	Gig. roja	12.04	12.61	0.57	1.61	45,34	Descubierta por Russev y Russeva en 1982.
<b>33</b>	L954	Gig. roja	12.09			1.55	40.37	Período incierto (Welty, 1985).
	<b>L940</b>	Gig. roja	12.01	12.11	0.10	1.45	143.68	Confirmada por Violat y Bennasar en 2002.
	L414	Gig. roja	12.08	12.19	0.11	1.45	107.35	Confirmada por Violat y Bennasar en 2002.
	L240	Gig. roja	12.34			1.36		Presunta variable (Osborn, junio de 2000).
	L96	Gig. roja	12.22			1.01		Presunta variable (Osborn, junio de 2000).
	L261	Gig. roja	12.20			1.39		Presunta variable (Osborn, junio de 2000).

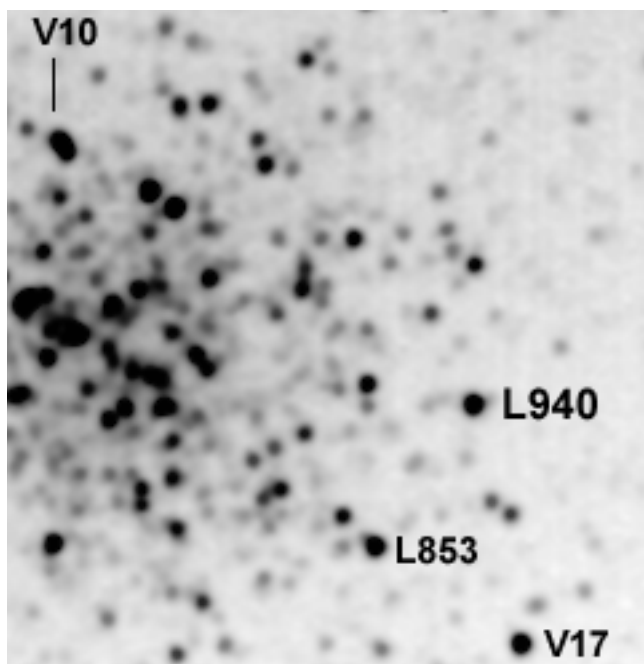


Imagen de M13: L940 aparece identificada junto con otras variables de la misma zona (Toni Bennasar, SC-305 mm).

métrico digital de 32 estrellas distintas, entre variables conocidas (como V11, V17, etc...), sospechosas de variabilidad sin confirmar (incluyendo L940 y L853, ambas en el mismo campo que la variable V17) y astros de comparación que suponemos no variables (¡y es mucho suponer, sin fotometría previa!). El número de mediciones digitales ha sido ingente, pero ha merecido la pena en vista de los resultados que hemos obtenido.

**L940** es una estrella gigante roja -aunque fotográficamente aparece amarillenta- de elevado brillo que pertenece al cúmulo de acuerdo con su velocidad radial, movimiento propio y posición en el diagrama *color-magnitud* (Cudworth y Monet,

### Datos de L940

Mag. bolométrica:	-3.06 <sup>a</sup>
Mag. absoluta:	-2.20 <sup>a</sup>
Mag. visual V:	11.99-12.09
Masa:	0.86 solar
Temperatura:	4050° K
Log. g:	0.50
Microvelocidad:	2.0 km/s
Índice B-V:	1.45
Metalicidad [H/Fe]:	-1.42

1979, bajo estas líneas): aparece situada en la Rama de las Gigantes Rojas entre los astros más brillantes del cúmulo y rodeada de otras estrellas también variables (V19, L414, V24, V20, V17, V33...). Sólo por su situación en el diagrama, circundada de estrellas variables ya conocidas (o recién confirmadas, como hemos hecho con L414), habría que suponer que es realmente variable; lamentablemente utilizando correctamente el *Método Científico* hemos de descartar la mera intuición, por lo cual para confirmar (o desmentir) su presunta variabilidad teníamos que efectuar un completo seguimiento fotométrico, tan amplio, minucioso y preciso como nos fuese posible.

También es conocida como **Barnard 226** por aparecer en este puesto dentro de su catálogo micrométrico de estrellas (Barnard, 1931); en SIMBAD aparece como un astro de magnitud 12,10<sup>a</sup> V y 13,55<sup>a</sup> B de donde B-V = 1,55 aunque sin indicación alguna de tipo espectral.

Para poder identificar adecuadamente las nuevas variables hemos estudiado M13 durante un período de **521 días** (DJ 2.452.076 al DJ 2.452.596, ambos inclusive), y en él medido durante **129 noches** (DJ 2.452.076-52.204) en 2001, y **189 noches** (DJ 2.452.408-52.596) en 2002, la magnitud V de 32 estrellas diferentes (entre variables, sos-

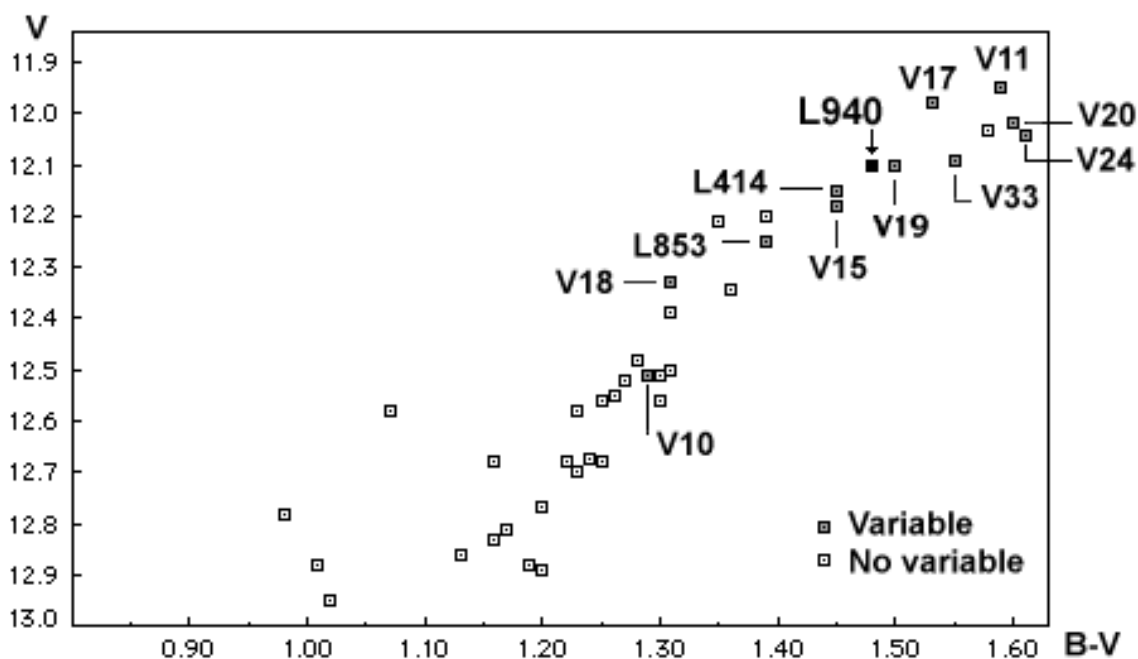
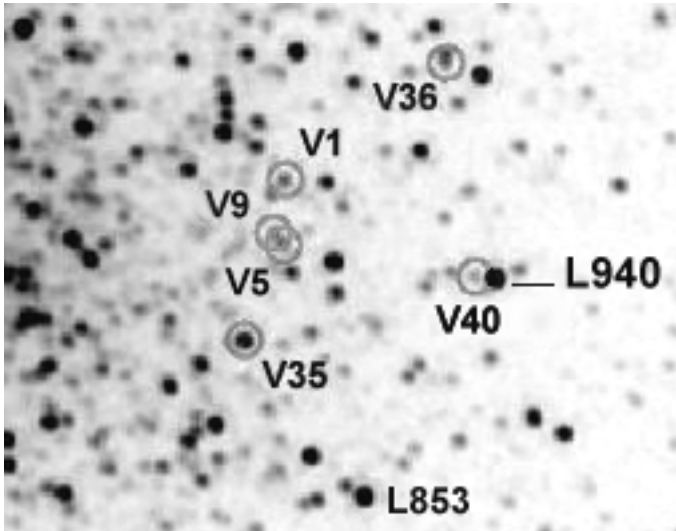


Diagrama color-magnitud de las estrellas más brillantes de M13: vemos que L940 está situada en la Rama de las Gigantes Rojas, entre las estrellas intrínsecamente más brillantes del cúmulo (Francisco A. Violat Bordonau).

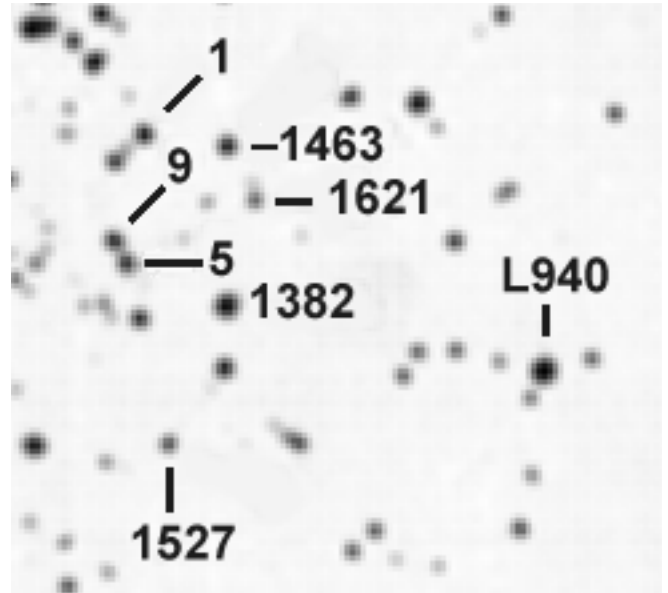


L940 y alrededores: en la imagen aparecen rotuladas distintas variables como las RR Lyrae V1, V5 y V9; con números mayores (V35, V36 o V40) las *presuntas* variables del Dr. Rowe, de la Universidad de Toronto. (Jason Rowe, 2001).

pechosas y estrellas elegidas cuidadosamente por nosotros) por medio de la *fotometría diferencial*.

Para la calibración del software se han empleado dos estrellas no variables utilizadas por Osborn (en junio de 2000) de magnitud **V 12.21<sup>a</sup>** (L199) y otra de magnitud **12.81<sup>a</sup>** (L169); una tercera estrella no variable de magnitud **12.83<sup>a</sup>** V, L353, ha sido empleada como *test* para verificar la dispersión y el error cometido al medir las estrellas sometidas a estudio.

Las medidas del año 2001 se han efectuado sin filtro, aunque el sistema fotométrico es próximo al V debido a la respuesta espectral de las cámaras empleadas; sin embargo las mediciones de la campaña de 2002 sí han sido efectuadas con el filtro **V Johnson** (de color verde); los tiempos de integración han sido de 15 s (para el SC-305 mm) y 30 segundos (SC-203 mm) respectivamente, para no saturar las estrellas, ofreciendo una escala cercana a 1.3"/píxel en la peor de nuestras cámaras (Observatorio de Cáceres).



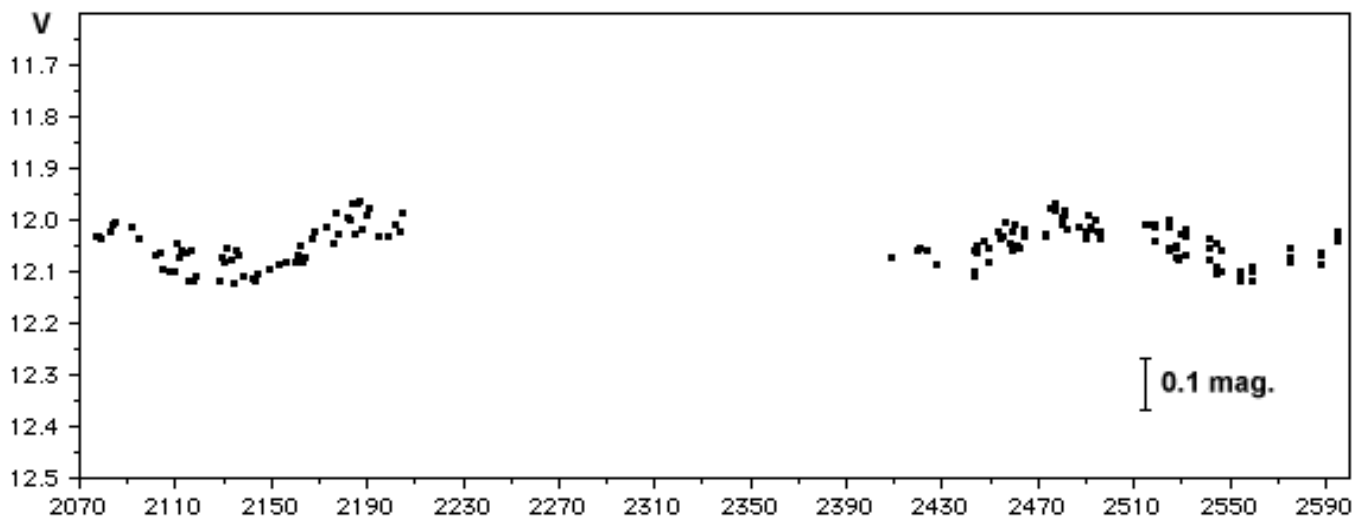
L940: en la imagen digital se resuelven con facilidad las RR Lyrae 1, 5, 9 y aparecen las magnitudes B (con filtro azul) de distintas estrellas (Wayne Osborn, 1973).

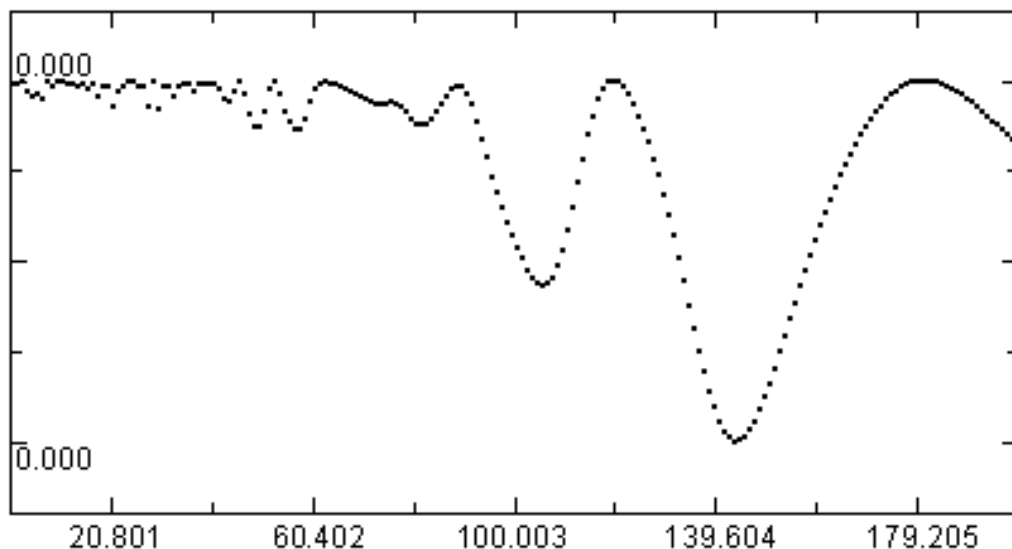
Para los lectores más exigentes podemos indicar que la desviación media estándar en las medidas de las estrellas no variables (L199 o L169) ha sido de 0.005-0.02 magnitudes, mejorando la precisión con respecto a la anterior campaña. Pensamos que este valor podrá ser reducido, todavía algo más, en la campaña del año 2003.

Su alejamiento del núcleo (en el que abundan las débiles estrellas de fondo) y la relativa "soledad" en la zona, lejos de astros brillantes (ver imágenes sobre estas líneas), nos ha facilitado bastante el delicado trabajo fotométrico. (En la imagen de la izquierda, del Dr. Jason Rowe, aparece marcada con el nombre V35 [L782] una *presunta variable gigante roja*, confirmada también por nosotros, de la cual presentaremos un completo trabajo en el futuro.)

Hemos analizado **351 imágenes CCD** tomando sólo las mejores (con astros poco afectados por la turbulencia o errores de seguimiento) de cada

Figura 1: curva de luz de L940 durante los años 2001 (izquierda) y 2002 (derecha); pueden notarse sus leves oscilaciones de brillo (inferiores a 0.12 magnitudes), así como su largo período de pulsación. (Francisco A. Violat).





Periodograma de L940: el período obtenido con el programa A.V.E. es ligeramente superior a los 143 días.

jornada de trabajo: téngase en cuenta que medimos ¡32 estrellas! por imagen y observatorio, a una media de 4-5 imágenes por noche como mínimo (a veces de 10 a 12 imágenes por noche y observatorio). Una vez obtenidas las magnitudes éstas se pasan a una tabla de datos (que tabula el Día Juliano, fracción de día y magnitud) para ser analizada con el programa A.V.E. (*Análisis de Variabilidad Estelar*), el cual pone de manifiesto los posibles períodos de oscilación en forma de “periodograma”; en el caso de L940 (sobre estas líneas) encontramos un período de **143.68 días** -el que estimamos más correcto- así como otros de menor probabilidad, producidos por la desigual distribución de observaciones a lo largo de estos dos años (incluyendo el período de no visibilidad debido a su proximidad al sol). Empleando el período más probable obtenemos (bajo estas líneas) su curva de brillo: resulta ser, de momento, la estrella variable de mayor período de las conocidas en M13 tras V11 (92 días oficialmente, en torno a 120 según nuestros resultados) y L414 (107 días).

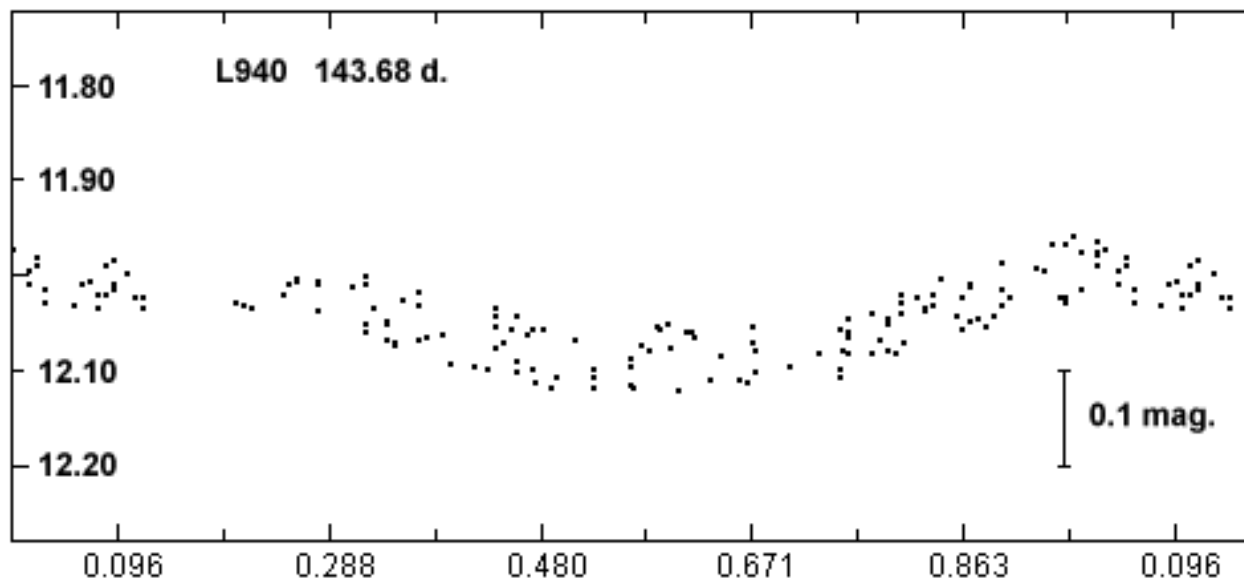
La amplitud fotométrica medida es de **0.10-0.11 magnitudes** incluyendo el error estadístico (0.02 mag.): las oscilaciones de brillo son de

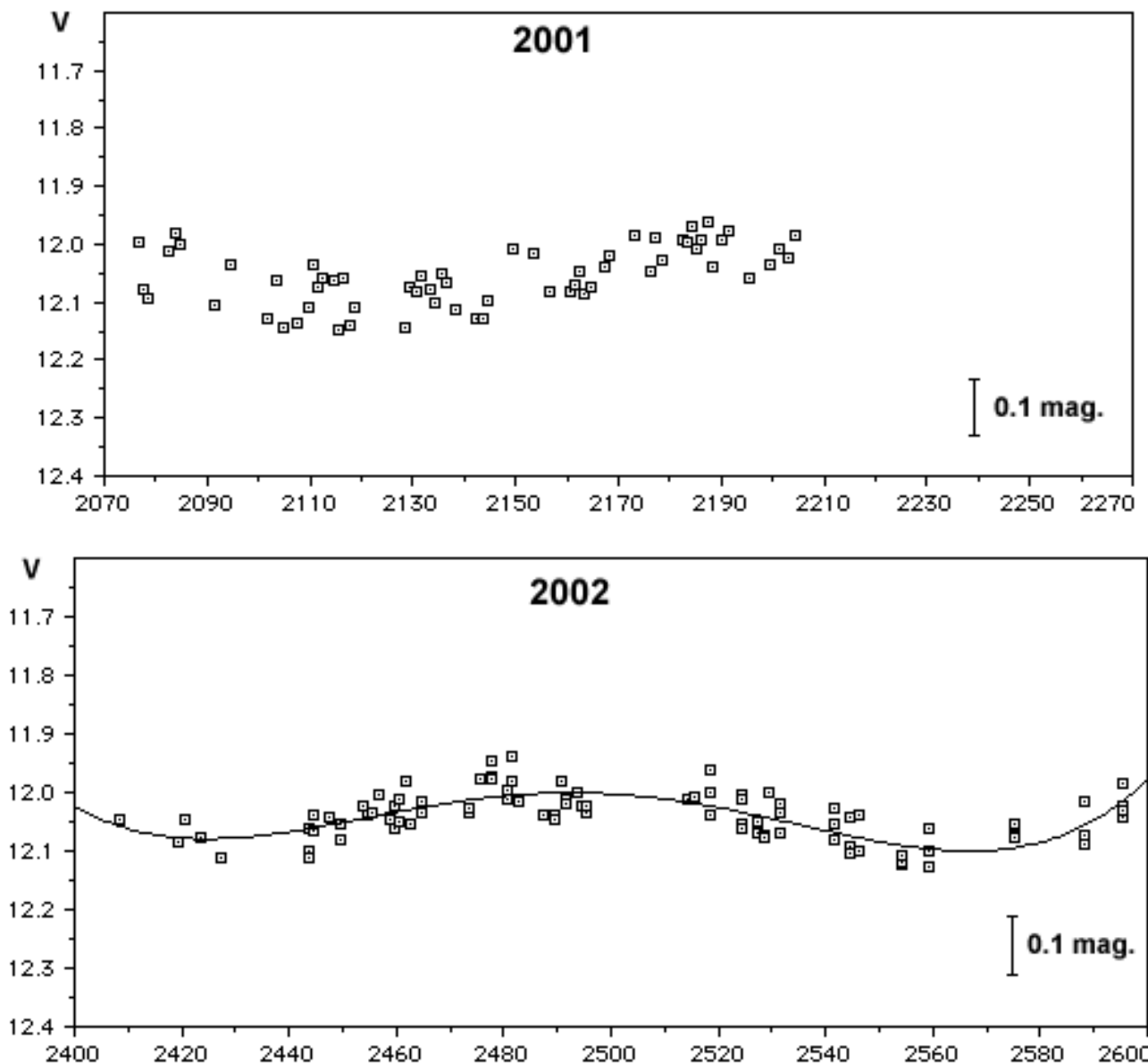
**0.05-0.055 magnitudes** sobre o bajo la magnitud media (12.05<sup>a</sup> V según nuestras mediciones), presentando una amplitud real (obtenida por ajuste matemático) de sólo ¡**0.09 magnitudes!**, siendo una de las variables de menor amplitud detectadas hasta la fecha por nosotros.

### PRUEBAS PROFESIONALES DE VARIABILIDAD

Como ya hicimos en el caso de L414 (noviembre de 2002), presentamos a continuación algunos estudios realizados por astrofísicos profesionales los cuales corroboran (de modo indirecto pero indiscutible) nuestros resultados. Algunos de ellos, sólo unos pocos para no cansar demasiado al lector, son los siguientes:

*Osborn y Fuenmayor (1977)* estudian en profundidad distintas gigantes rojas, lanzando en su artículo una atrevida hipótesis: “*Lo más probable es que todas las gigantes rojas de M13, cuyo índice de color B-V es igual o superior a 1.45, sean variables*”. El índice de color B-V de L940 es





1.48 y, por tanto, tiene que ser variable...

*Lupton et al.* (1987), en su trabajo sobre los movimientos radiales de 154 estrellas en M13, aprecian leves (pero inconfundibles) oscilaciones en la velocidad de L940 exactamente igual que las variables ya conocida, aunque de menor amplitud (2,44 km/s con un error de 0,8-0,9 km/sg).

*Kraft et al.* (1993) estudian la anticorrelación del sodio y oxígeno en 22 estrellas gigantes rojas de M13: su estudio muestra que L940 es muy pobre en oxígeno (-0,54 dex) y rica en sodio (0,19 dex), exactamente del mismo modo que las demás variables gigantes rojas de menor temperatura.

*Shetrone* (1994) determina la velocidad radial de 21 estrellas gigantes rojas de M13, entre ellas L940 y sólo encuentra oscilaciones en las bien conocidas estrellas variables; el valor encontrado en L940 es 0: exactamente como V15, L414 o L853, todas ellas estrellas variables...

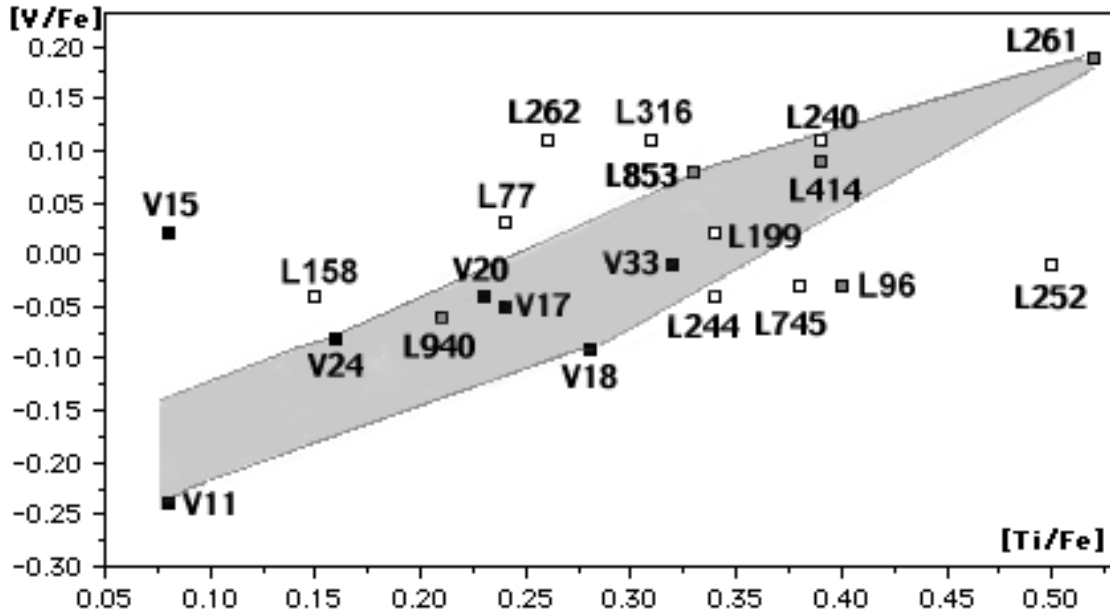
*Pilachowski et al.* (1996) determinan la abundancia de sodio y magnesio en 130 gigantes rojas de M13: su estudio demuestra que L940 es un

astro no muy rico en sodio (0,11 dex) pero sí deficiente en magnesio (-0,10) tal como ocurre en las variables más frías V17 (-0,20 dex y 3950° K) o V20 (-0,10 dex y 3950° K).

*Carretta et al.* (1997) miden la metalicidad en gigantes rojas de 24 cúmulos globulares; de su estudio se extrae que L940 presenta una metalicidad  $[Fe/H] = -1,40$ : un poco más alta que la de las variables V33 (-1,38) o V17 (-1,31), similar a la de L414 o V19 (-1,41) y ligeramente más baja que la de V24 (-1,44) o V20 (-1,47).

Estos trabajos, sobre todo los más recientes, no están completos del todo: se necesitarían nuevas mediciones, actuales, para poder elaborar modelos o confirmar las variabilidades sospechosas.

No obstante en el esquema (elaborado a partir del trabajo de *Kraft et al.*, 1993) podemos apreciar la anticorrelación existente entre la abundancia de Na y O en las gigantes rojas de M13, incluyendo L940 y la nueva variable descubiertas por nosotros (L414), así como la sospechosa de variabilidad L853: ambas aparecen en el grupo de es-



trellas más pobres en oxígeno (V33, V15, V20, V17, V11 y V19).

Hemos elaborado un diagrama, a partir del trabajo de Kraft *et al.* (1993), en el que comparamos la abundancia de vanadio (V) con la de titanio (Ti) en gigantes rojas. Podemos apreciar de inmediato que, si unimos las variables **V11**, **V24** y **V18** con las sospechosas de variabilidad **L853** y **L261** obtenemos una curiosa *banda de variabilidad*: dentro de ella encontramos de modo natural a **V20**, **V17**, **V33**, **L414** (de variabilidad recién confirmada) y **L940**, así como **L199** y **L240**, de las cuales no tenemos fotometría hasta la fecha (aunque esperamos obtenerla de nuestras numerosas imágenes digitales). Fuera de la banda nos quedan **V15** y nuestras variables **L96** y **L316**: es muy posible que este esquema (obra nuestra) tenga una base científica, pero que todavía sea preciso *repulirlo un poco* para incluir otras variables que, por falta de tiempo de procesamiento de datos y cálculo, todavía no hemos podido confirmar con nuestra fotometría: es el caso de **L261**, **L240** o **L199** (es muy improbable que esta última sea variable, ya que la hemos utilizado como astro de calibración fotométrica y no ha mostrado variabilidad al efectuar *fotometría cruzada* con **L169** o **L77**).

En la Tabla I aparecen, ordenadas por su magnitud absoluta **M<sub>v</sub>** (el brillo aparente de un astro situado a la distancia normalizada de 10 pc: 32.6 años luz) y magnitud V, los datos de las variables de M13 mejor estudiadas comparándolos con los de **L940**; la columna 1 muestra el nombre, la 2 y 3 la magnitud V e índices B-V (Osborn, 2000) y la 4 la magnitud absoluta (Kraft *et al.*, 1997):

Tabla I. Datos de las variables de M13

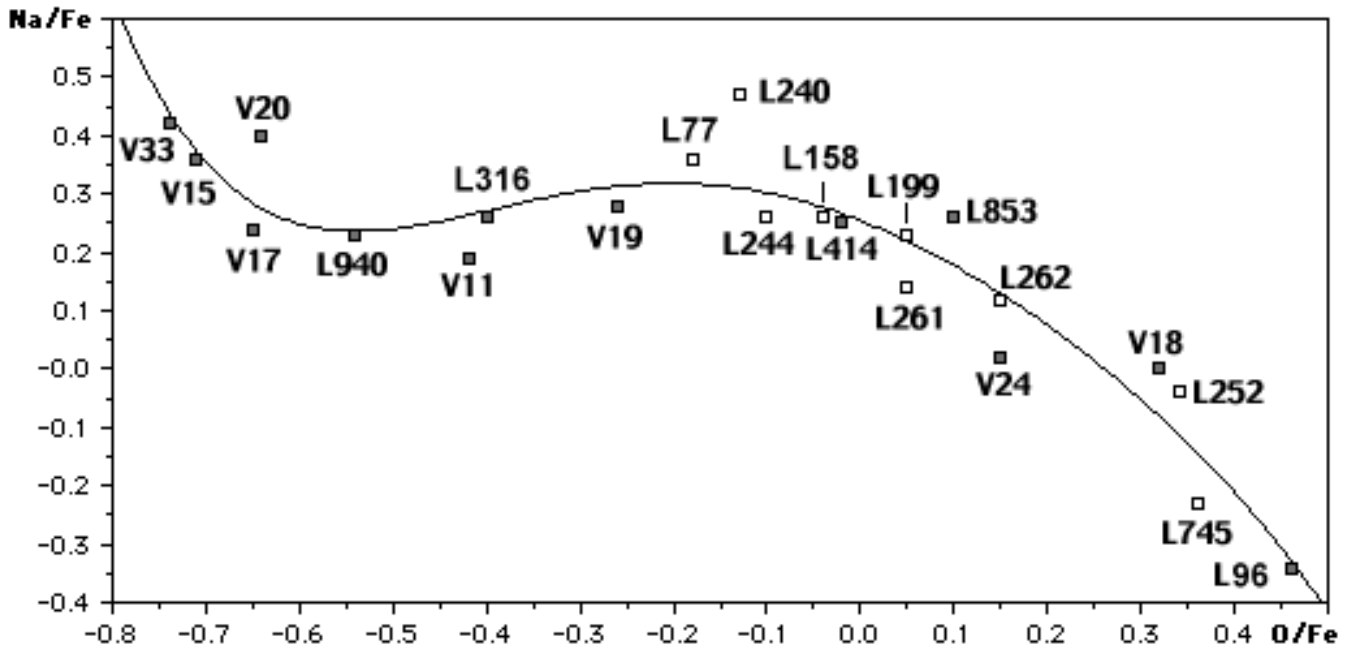
Nombre	V	B-V	M <sub>v</sub>
V11	11.95	1.59	-2.3
V17	11.98	1.53	-2.3
L629	12.02	1.60	-2.3
V24	12.04	1.61	-2.3
V19	12.10	1.50	-2.3
V20	12.03	1.58	-2.2
V33	12.09	1.55	-2.2
<b>L940</b>	<b>12.10</b>	<b>1.48</b>	<b>-2.2</b>
L414	12.15	1.45	-2.2
V15	12.18	1.45	-2.2
L853	12.25	1.39	-2.1
V18	12.33	1.31	-2.0

Es fácil apreciar que **L940** encaja armoniosamente en el conjunto, ya que presenta una magnitud absoluta e índice de color B-V incluso mayor que los de **L414**, **V15** o **V18**.

Busquemos variaciones en la velocidad radial de **L940** basándonos en el estudio de Lupton *et al.* (1987) y veamos qué encontramos:

Tabla II. Velocidades radiales

Nombre	Rango	Amplitud	B-V
L414	3.79 a 9.63	5.84	1.45
V18	0.23 a 5.92	5.69	1.31
V17	-1.08 a -6.62	5.54	1.53
V24	8.30 a 13.82	5.52	1.61
V20	4.85 a 9.96	5.11	1.58
V19	4.20 a 8.88	4.68	1.50
V33	-3.98 a -8.59	4.61	1.55
V15	-10.87 a -15.33	4.46	1.45
L629	11.02 a 14.63	3.61	1.60
L240	9.14 a 11.73	2.59	1.36
<b>L940</b>	<b>-0.23 a -2.67</b>	<b>2.44</b>	<b>1.48</b>
V11	0.89 a 3.41	2.23	1.59
L96 (S4)	7.81 a 9.33	1.52	1.27
L853	-1.78 a -3.19	1.41	1.39
L316 (S5)	6.18 a 7.07	0.89	1.23



Anticorrelación en la abundancia de Na con respecto al O en gigantes rojas de M13; podemos ver que L940 sigue la misma pauta que las demás variables más pobres en Na, como V17 o V11: cuanto más ricas en sodio son, más pobres en oxígeno aparecen. (Francisco A. Violat, tomado del trabajo de Kraft *et al.*, 1993).

Encabezando la relación tenemos a L414, astro variable tal como demostramos en un artículo anterior (noviembre de 2002). Si tomamos 4 km/s como el límite mínimo (a partir del cual una estrella es variable) V11 nos queda fuera del grupo al igual que L940, L853, L96 (S4) y L316 (S5), todas ellas **nuevas variables** según nuestras mediciones. Si bajamos el listón hasta los 2 km/s, con la idea de incluir a V11 entre las variables, vemos entonces que deben serlo también L629, L240 y L940: en esta última encontramos evidentes oscilaciones de brillo que la identifican como nueva variable. Hemos insertado una última columna, el índice de color B-V: notamos enseguida que **todas las estrellas cuyo índice B-V es igual o superior a 1.35 son variables sin duda alguna...** (ver esquema en pág. 2).

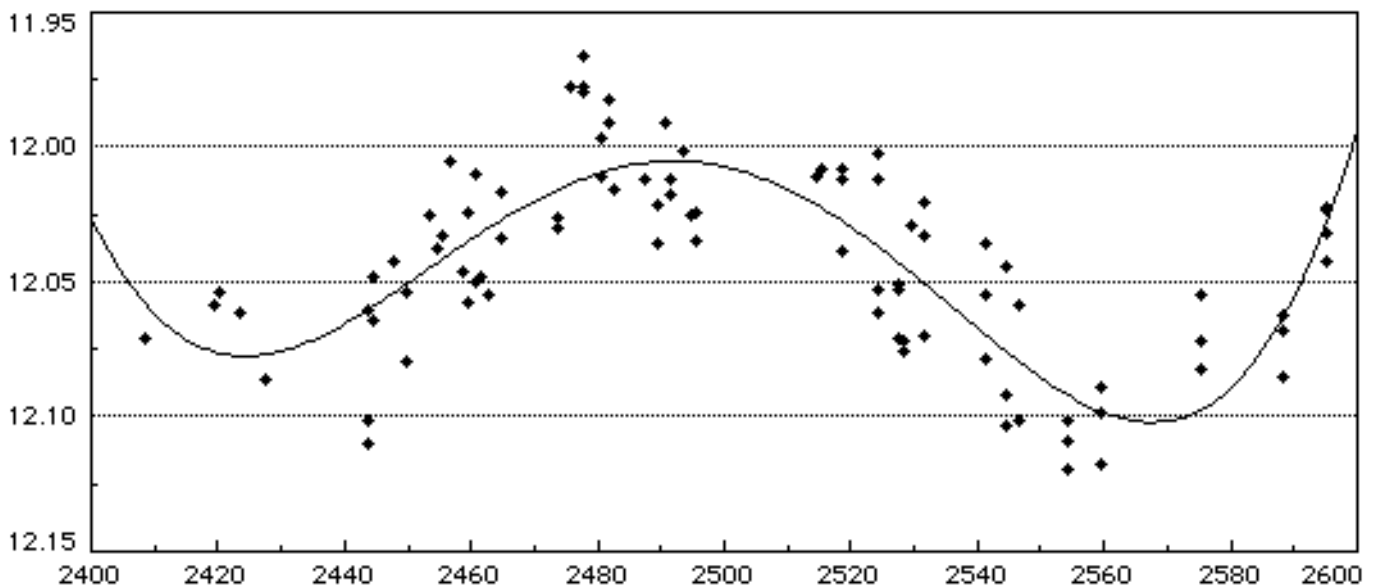
El esquema inferior muestra la verdadera amplitud de su oscilación lumínica (rango), determi-

nada por métodos matemáticos: vemos que **su amplitud real**, sin la influencia de los molestos y aleatorios errores de medición, **es próxima a 0.09 magnitudes**.

## CONCLUSIÓN

Todas las pruebas profesionales demuestran, siempre de modo indirecto pero contundente, que **L940** no sólo es una estrella similar o idéntica a las demás variables gigantes rojas en composición química, luminosidad, temperatura, velocidad radial, líneas espectrales o magnitud absoluta, sino que **presenta exactamente las mismas propiedades físicas que las estrellas variables gigantes rojas bien conocidas**.

Los trabajos de diferentes grupos profesionales, unidos a nuestras amplias curvas de luz, de-



muestran de modo inequívoco que **L940 es una estrella variable de reducida amplitud** (0.11 magnitudes fotométricamente, aunque sólo 0.09 magnitudes por ajuste matemático) y **largo período (143.7 días)** que pertenece al tipo “gigante roja”, perfectamente clasificable como **SRd**.

Esta es la segunda estrella variable descubierta por nosotros en M13, después de **L414** (de la cual publicamos un artículo en noviembre de 2002, disponible en Internet en la dirección web: <http://personales.ya.com/casanchi/ast/l41401.htm>), pero no es la última ya que nuestras observaciones, y análisis provisionales, apuntan hacia **L96** (llamada *S4* en nuestra campaña), **L629** y **L782** como nuevas variables gigantes rojas.

En comunicación privada por *e-mail* (30 de diciembre de 2002), la Dra. Clement (Universidad de Toronto, Canadá) nos agradecía nuestra información sobre el descubrimiento y determinación de los parámetros de 3 nuevas variables en M13, a la vez que confirmaba su inclusión en la futura actualización de su "Catálogo de Estrellas Variables en Cúmulos Globulares" con estos términos:

*Dear Francisco,*

*Thank you for this information. I will include it when we make the next update to the globular cluster catalogue. Yours sincerely,*

*Christine Clement*

Como la última variable en el cúmulo es *V33* (Clement et al., 2001), y denominamos *V34* a nuestra primera estrella variable (*L414*), proponemos el nombre de **V35** para *L940*.

Observatorio Astronómico de Cáceres (España), 31 de diciembre de 2002.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean mostrar su agradecimiento al Dr. Wayne Osborn (Central Michigan University) por su asistencia y ayuda; al Dr. Jason Rowe (Universidad de Ontario) por sus indicaciones, consejos y nuevas líneas de trabajo, así como a Josep M<sup>a</sup>. Gómez (Grupo de Estudios Astronómicos), por sus valiosos comentarios, consejos y ayuda prestada. Hemos contado también con las ideas, apoyo, interés y ánimos de Donn Starkey (AAVSO), Roger Pickard (director de la ‘Variable Star Section’ de la British Astronomical Association), Mr. Emile Schweitzer (AFOEV), la Dra. Vittoria Caloi (Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica, IASF), Marco Castellani (Rome Astronomical Observatory), la Dra. Christine Clement (Universidad de Toronto), Andras Holl (Konkoly Observatory) o Richard Hill (Lunar and Planetary Lab., University of Arizona) entre otros muchos.

## REFERENCIAS

- Arp, H. C. (1955). *AJ* **60**, 1.  
 Barnard, E. E. (1900). *ApJ* **12**, 176B.  
 Barnard, E. E. (1909). *ApJ* **29**, 72B.  
 Barnard, E. E. (1914). *ApJ* **40**, 173B.  
 Clement et al. (2001). *AJ* **122**, 2587.  
 Cudworth, K. M. y Monet, D. G. (1979). *AJ* **84**, 774C.  
 Joy, A. H. (1949). *ApJ* **110**, 105J.  
 Kraft, R. P., Sneden, C., Langer, G. E. y Shetrone, M. D. (1993). *AJ* **106**, 1490.  
 Ludendorff, H. (1905). *Publ. Postd. Obs.*, 15, No **50**.  
 Lupton, R. H., Gunn J. E. y Griffin, R. F. (1987). *AJ* **93**, 1114L.  
 Osborn W. (1973). *AJ* **186**, 7250.  
 Osborn W. y Fuenmayor, F. (1977). *AJ* **82**, 3950.  
 Osborn W. (2000). *AJ* **119**, 2902.  
 Popper, D. M. (1947). *ApJ* **105**, 204.  
 Rowe, J. (2001). *JAAVSO*.  
 Russev, R. (1974). *Astr. Zh.* **51**, 122.  
 Shetrone, M. D. (1994). *PASP* **106**, 161.  
 Welty, D. E. (1985). *AJ* **90**, 2555.

## BIBLIOGRAFÍA

- 3rd. Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters. Helen Sawyer-Hogg. Publicaciones del David Dunlap Observatory, Vol. 3, N<sup>o</sup> 6 (1973).  
 A search for giant and asymptotic-giant-branch variable stars in six globular clusters. Daniel E. Welty (*AJ* **90**, 1555, 1985).  
 On the nature of the variables in M13. C. D. Pike y Caroline J. Meston (*MNRAS*, **180**, 1977).  
 Spectral types of stars in the globular clusters Messier 3 and Messier 13, Daniel M. Popper (*ApJ* **105**, 204P, 1947).  
 Spectra of the brighter variables in globular clusters, Alfred H. Joy (*ApJ* **110**, 105J, 1949).  
 Variable Stars in M13, Wayne Osborn (*AJ* **119**, 2902-2902, 2000).  
 Astrometry in the globular cluster M13. I. New proper motions and membership probabilities, Cudworth, K. M. y Monet, D. G. (*AJ* **84**, 774C, 1979).  
 Catalog of parameters for Milky Way globular clusters. William E. Harris (*AJ* **112**, 1487, 1999).  
 Crowded Field Photometry with small telescopes. Jason Rowe (in preparation for *JAAVSO*, 2001).  
 Micrometric measures of star clusters. E. E. Barnard (*Publ. Yerkes Obs.*, **6**, 1-106 (1931).  
 Aluminum Abundances, Deep Mixing, and the Blue-Tail Second Parameter Effect in the Globular Clusters M3 and M13. Cavallo, Robert M. y Nagar, Neil M. (*AJ* **120**, 1364, 2000).  
 Radial Velocities of Giant Stars in Globular Clusters. Soderberg A. M., Pilachowski C. A., Barden S. C., Willmarth D., Sneden C. (*PASP* **111**, 1233S, 1999).