

LA GALAXIA ENANA LEO I

FRANCISCO VIOLAT BORDONAU
Observatorio Norba Caesarina (MPC Z71)
Asesores Astronómicos Cacereños, fviolat@yahoo.es

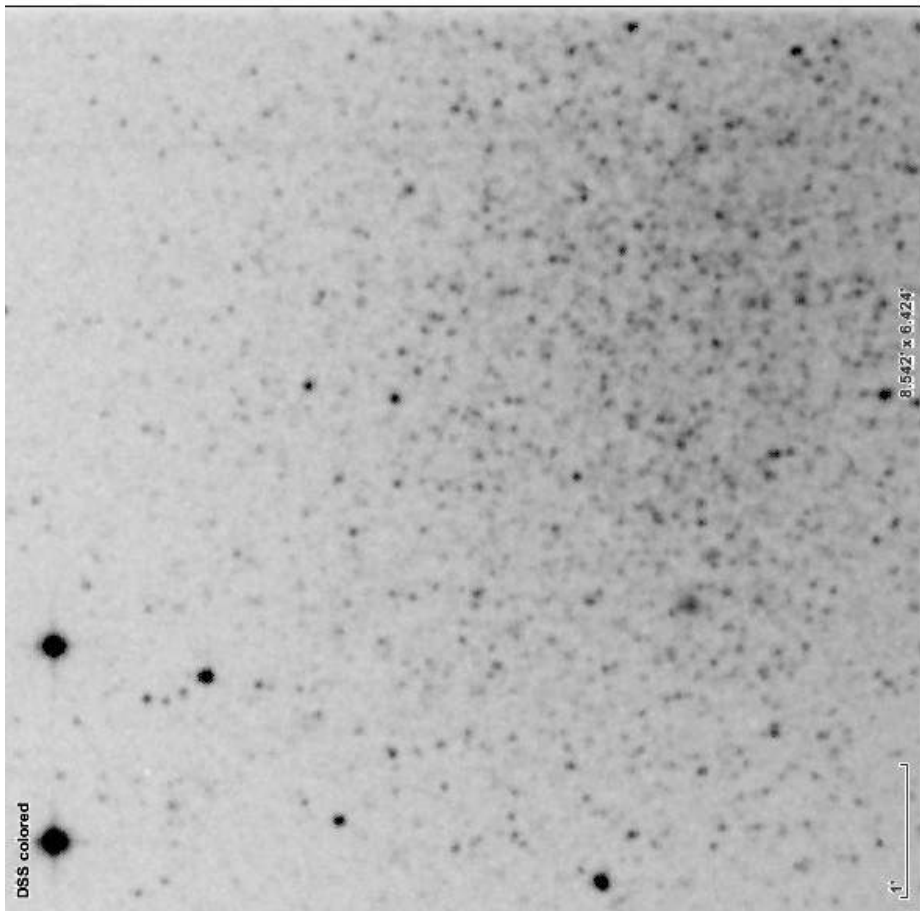
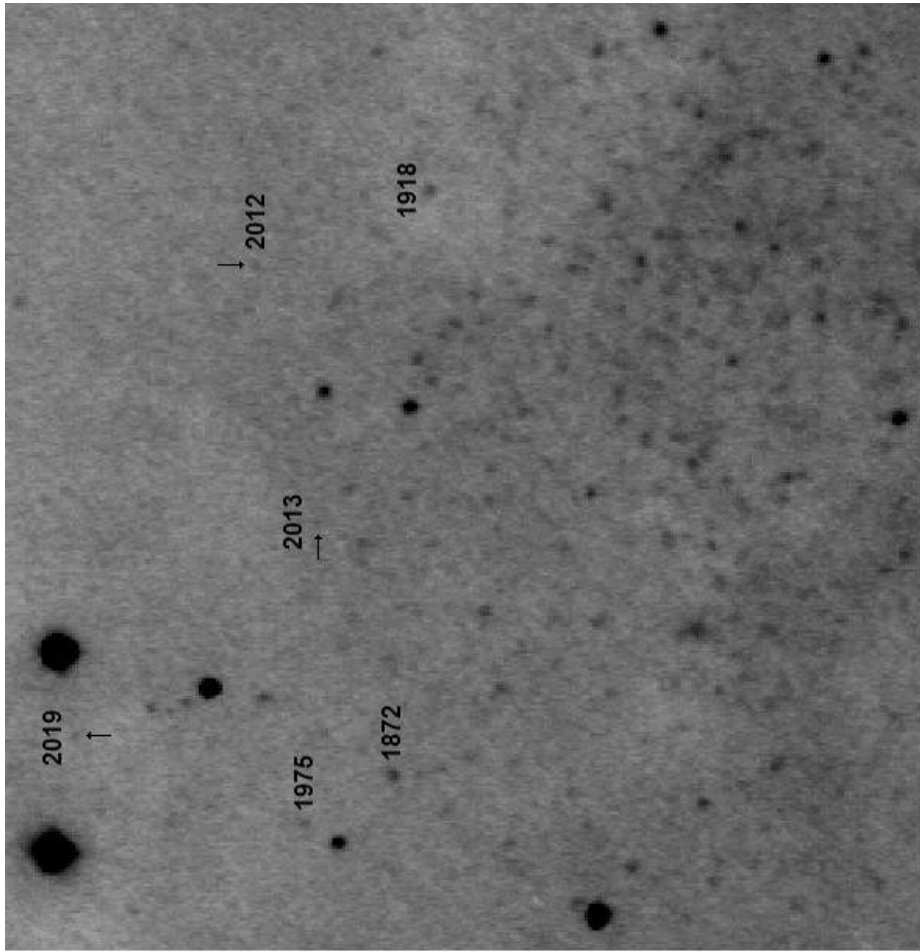
Resumen. Tras cinco años de esfuerzos (2014-2018) hemos logrado resolver en estrellas la galaxia enana esferoidal Leo I, situada a doce minutos de arco de la brillante estrella Régulo (α Leo). En nuestras imágenes se aprecian las componentes más brillantes (Gigantes Rojas, astros AGB y estrellas de Carbono) de esta galaxia.

1. INTRODUCCIÓN.

Leo I es una galaxia esferoidal enana, de tipo dSph, situada en las coordenadas α : 10h 08m 28.12s y δ : +12° 18' 23.4" (2000.0) a cerca de 254 kiloparsecs del Sol (unos 828.000 años-luz), visualmente localizada apenas a doce minutos de arco al Norte de Régulo (α Leonis): es por ello que no fue descubierta hasta el año 1950 (Harrington y Wilson) utilizando el reflector de 48 pulgadas de Monte Palomar, resolviéndola en varios centenares de estrellas rojas muy débiles. Su proximidad a esta brillante estrella azul (de magnitud 1.40 V) dificulta su observación y captura, salvo para instrumentos con buena abertura en noches muy oscuras y baja turbulencia. De magnitud conjunta 11.0 V aparece elipsoidal, elongada en su eje Este-Oeste, con un tamaño de 9.8' x 7.4': es amplia pero muy difusa. Otras denominaciones son LEDA 29488 y UGC 5470, aunque podemos encontrarla en la literatura profesional como *Regulus Dwarf*, PGC 29488 y DDO 74.

2. ESTUDIO DE LA GALAXIA.

Desde el año 1950 se sabe que sus estrellas más brillantes (todas muy débiles: por encima de la magnitud ~ 19 V) son astros muy rojos del tipo Gigante Roja, de la Rama Asintótica Gigante (AGB, *Asymptotic Giant Branch*) y estrellas de Carbono: pese a su cercanía a nuestro planeta no es fácil su resolución debido a la debilidad de sus distintas componentes. Por otro lado la proximidad aparente de Régulo dificulta la captura incluso para grandes telescopios: cualquier fotografía de larga exposición se ve fuertemente afectada por su luz parásita y en la misma aparecen manchas, "espículas" debido a la luz de la estrella, reflejos en los elementos ópticos del telescopio y otros efectos, todos los cuales afean el resultado. Obtener una buena imagen de la galaxia, resuelta en sus componentes, resulta bastante difícil para telescopios pequeños (por debajo de los 40-50 cm) pero no es imposible si se trabaja con mucho cuidado: la mejor época para intentarlo es en las cercanías de la Luna Nueva, en noches de buena estabilidad y transparencia atmosférica, empleando un buen seguimiento y trabajando en luz integral, sin filtros, para aprovechar al máximo toda la luz. Si en vez de trabajar a foco primario empleamos un reductor de focal (a $f/ 6.3$ por ejemplo) arañamos todavía unas décimas de magnitud y aumentamos las posibilidades de capturar sus estrellas, no sólo porque los errores en el seguimiento son mejor tolerados (las estrellas aparecen más puntuales) sino porque la luz estelar se concentra en un área mucho menor: esto nos permite realizar una ampliación de la misma identificando cada astro. En la Figura 1 (página siguiente) comparamos una imagen profesional (DSS de *Aladin Sky Atlas*, panel izquierdo) con la obtenida por nosotros el día 19 de mayo de 2018 (panel derecho); en ella hemos marcado algunas estrellas con sus magnitudes (en banda V) para que el lector compruebe la debilidad de las mismas: pueden apreciarse sin dificultad astros de magnitud 20.20 V .



3. EQUIPAMIENTO Y CAPTURA DE IMÁGENES.

Para tomar imágenes de Leo I empleamos un telescopio catadióptrico de 203 mm de apertura y 2000 mm de focal, con reductor de focal $f/6.3$ (focal real: 1423.6 mm)¹ y una CCD Starlight Xpress sin filtros (en luz integral), para aprovechar la débil luz recibida de la galaxia; el seguimiento, parte esencial y delicada, se llevó a cabo con un refractor de 75 mm de apertura y 500 mm de focal empleando una cámara QHY 5-II y el software *PHD2 Guiding*. El campo capturado ha sido de 15.6' x 11.6' con una resolución igual a 1.20"/píxel. Tomamos un total de 20 imágenes, de 120 segundos de exposición cada una, en la noche del 19 de mayo de 2018: todas fueron tratadas de *dark* y *flat* maestro (promedio de 25 *darks* y *flats* individuales), con lo cual mejoró el aspecto final de las mismas. Para aumentar la relación señal/ruido de las estrellas individuales se adicionaron las veinte imágenes una vez recentradas (para eliminar la posible deriva en α o en δ), obteniendo una única toma equivalente a un tiempo de exposición de 2400 segundos (40 minutos). La presencia de la estrella Régulo originó una serie de “manchas” en la imagen debido a la reflexión de la luz en el sistema óptico, las cuales se pueden apreciar en la Figura 2 (página 4).

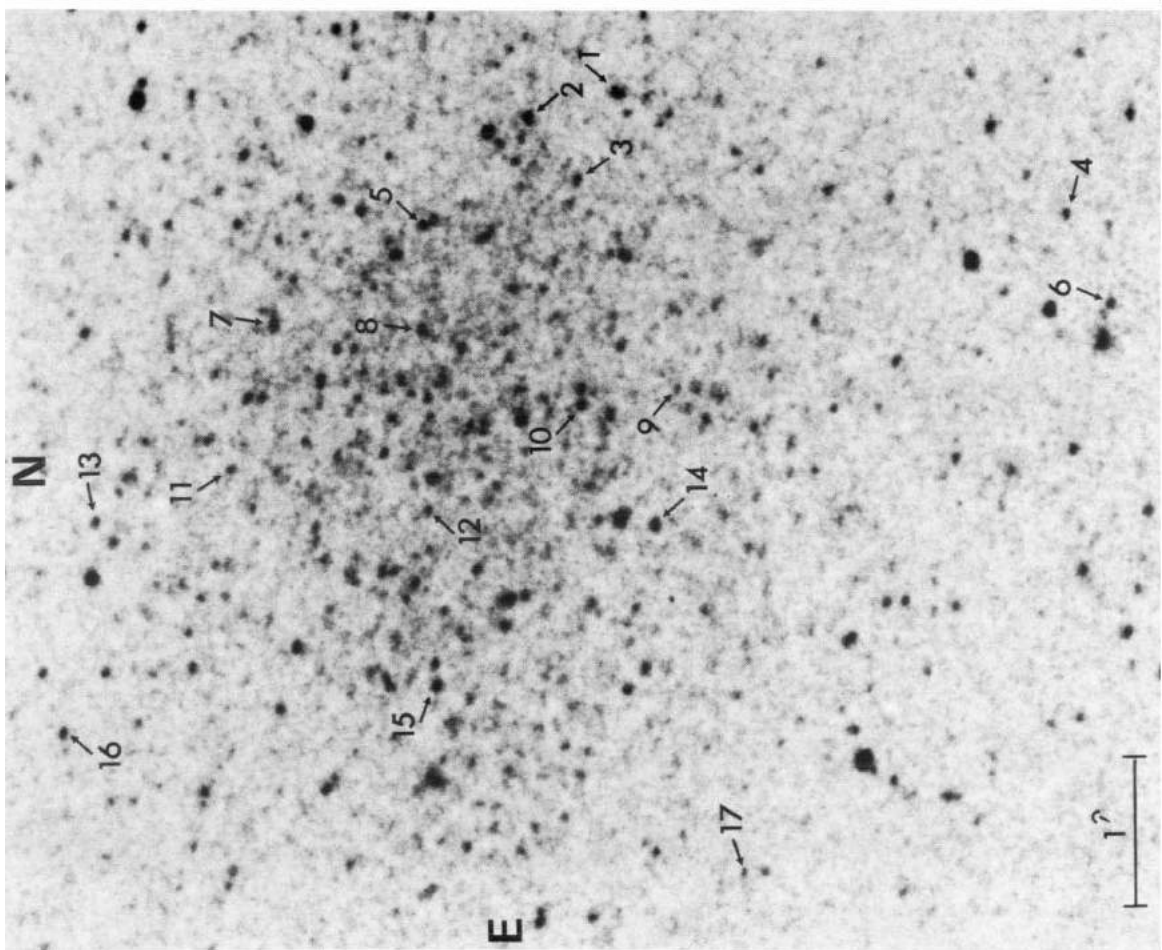
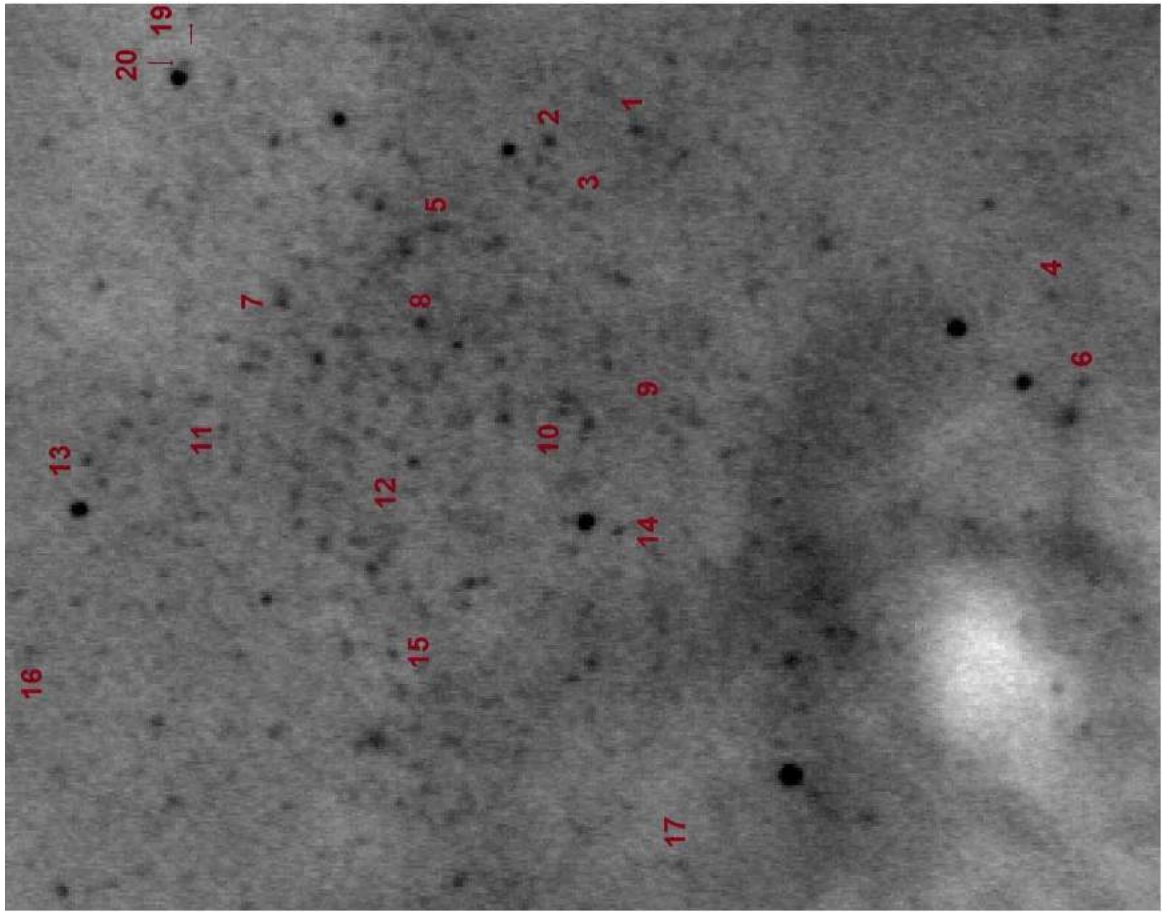
El examen de la imagen y su comparación con una profesional permite comprobar que se han logrado capturar, y resolver, las estrellas más brillantes de la galaxia: todas ellas pertenecen a la parte alta del diagrama H-R siendo, por tanto, astros del tipo Gigante Roja y AGB, aunque también hemos podido localizar hasta diecinueve estrellas de Carbono (identificadas en dicha Figura) utilizando para ello los trabajos de Azzopardi *et al.* (1985 y 1986). Dado que estos investigadores emplearon telescopios de 3.6 metros de apertura (el *CFH* de Hawai y el *ESO* de Chile) nos sentimos satisfechos de nuestro trabajo, aunque sin duda es mejorable en campañas futuras.

Las posiciones y magnitudes BV de las estrellas de Carbono son las siguientes:

| N° | Alfa | Delta | B | V |
|----|-------------|-------------|-------|-------|
| 19 | 10 08 16.60 | +12 20 07.0 | 21.13 | 19.30 |
| 1 | 10 08 19.49 | +12 17 07.1 | 21.48 | 19.44 |
| 2 | 10 08 19.96 | +12 17 41.4 | 21.69 | 19.08 |
| 3 | 10 08 21.76 | +12 17 25.0 | 21.75 | 19.63 |
| 5 | 10 08 22.55 | +12 18 25.9 | 21.40 | 19.22 |
| 4 | 10 08 23.87 | +12 14 16.6 | 22.60 | 19.85 |
| 7 | 10 08 24.82 | +12 19 26.9 | 20.88 | 19.06 |
| 8 | 10 08 25.29 | +12 18 30.2 | 20.63 | 19.39 |
| 6 | 10 08 26.34 | +12 14 02.8 | 21.82 | 19.55 |
| 9 | 10 08 27.51 | +12 16 53.9 | 21.67 | 19.47 |
| 10 | 10 08 27.68 | +12 17 31.8 | 21.43 | 19.45 |
| 11 | 10 08 28.50 | +12 19 48.6 | 21.02 | 19.58 |
| 13 | 10 08 29.53 | +12 20 43.0 | 21.22 | 19.39 |
| 12 | 10 08 30.08 | +12 18 34.2 | 21.11 | 19.59 |
| 14 | 10 08 31.03 | +12 17 07.7 | 20.72 | 18.80 |
| 15 | 10 08 34.71 | +12 18 37.6 | 21.08 | 19.18 |
| 16 | 10 08 35.00 | +12 21 03.2 | 21.14 | 19.15 |
| 18 | 10 08 35.28 | +12 17 24.5 | 21.50 | 19.39 |
| 20 | 10 08 18.08 | +12 20 09.2 | 21.52 | 19.32 |

Debido al color de cada una de ellas (es decir, a sus índices de color $B - V$) y a la dispar sensibilidad del chip de la CCD algunas, más rojizas, aparecen más brillantes que otras más calientes pero de similar magnitud. (Según los trabajos más recientes la estrella n° 20 no es un astro de Carbono: es una estrella que posiblemente pertenece a la Rama Asintótica Gigante, aunque la presencia de una compañera más brillante a su lado dificulta la toma de espectros de calidad y su correcta clasificación; la estrella n° 17 no lo es tampoco.)

¹ Determinada abriéndola con el programa *Astrometrica*.



4. ANÁLISIS DE LA IMAGEN Y MAGNITUD LÍMITE.

En un trabajo anterior sobre el estudio de estrellas variables (Violat, 2016) describimos el procedimiento empleado para capturar e identificar débiles estrellas (de hasta la magnitud 21 V) en el distante cúmulo globular NGC 2419. Para determinar la magnitud V de las distintas estrellas identificable en nuestra imagen hemos recurrido al trabajo llevado a cabo por Bellazzini *et al.* (2004), el cual se centró en un campo de 9.4' x 9.4': nuestro sistema óptico ha capturado un campo de 15.6' x 11.6' en el cual hemos identificado la mayor parte de las estrellas, sobre todo las brillantes, que nos han servido para localizar las más débiles. En la Figura 4 (página 6) hemos rotulado las magnitudes de las componentes más conspicuas: la más débil es de magnitud 21.06 V pero todavía se pueden identificar, ya con algo de dificultad, astros menos brillantes lo que llevaría el límite de magnitud en torno a la 21.2 V . Finalmente la Figura 5 presenta un diagrama H-R, tomado del trabajo de Demers *et al.* (1994), en el que podemos ver que sus componentes más brillantes son astros de magnitud $>19 V$ e índices de color $B - V > 1.22$.

5. GALAXIA ANÓNIMA DENTRO DE LEO I.

Cabe mencionar, tanto como anécdota como excusa para un trabajo futuro, que en el seno de la galaxia -en su parte oriental- se puede apreciar una “mancha” ovalada de unos 11" x 6": se trata de una galaxia anónima situada en la posición α : 10h 08m 37.23s y δ : +12° 18' 41.9". En la Figura 1 aparece en la zona izquierda (el Este) de la imagen como un “manchón” redondeado, en cuyo interior se puede apreciar un puntito: es su núcleo; en la Figura 2 aparece inmediatamente a la izquierda de la estrella de Carbono n° 15. En todas nuestras imágenes la galaxia aparece redondeada, muy levemente elongada en sentido E-W, con una estrella (de magnitud 19.59 V) en su parte NE con la cual forma una binaria óptica separada por unos 8". En la Figura 3 comparamos una imagen profesional (DSS, panel izquierdo) con una ampliación de la obtenida por nosotros (panel derecho): hemos identificado algunas estrellas con sus magnitudes (en banda V) para calcular de modo aproximado la magnitud límite. La marca en la imagen DSS mide 30" y permite determinar el pequeño campo que estamos examinando: no olvidemos que la resolución de nuestro sistema óptico ha sido igual a 1.20"/pixel.

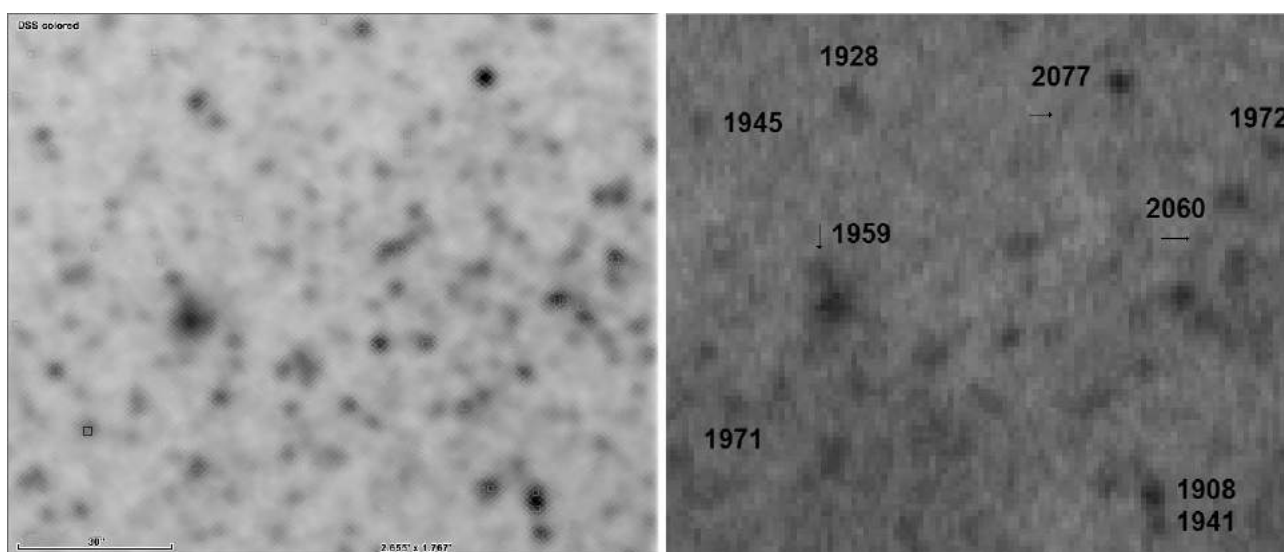
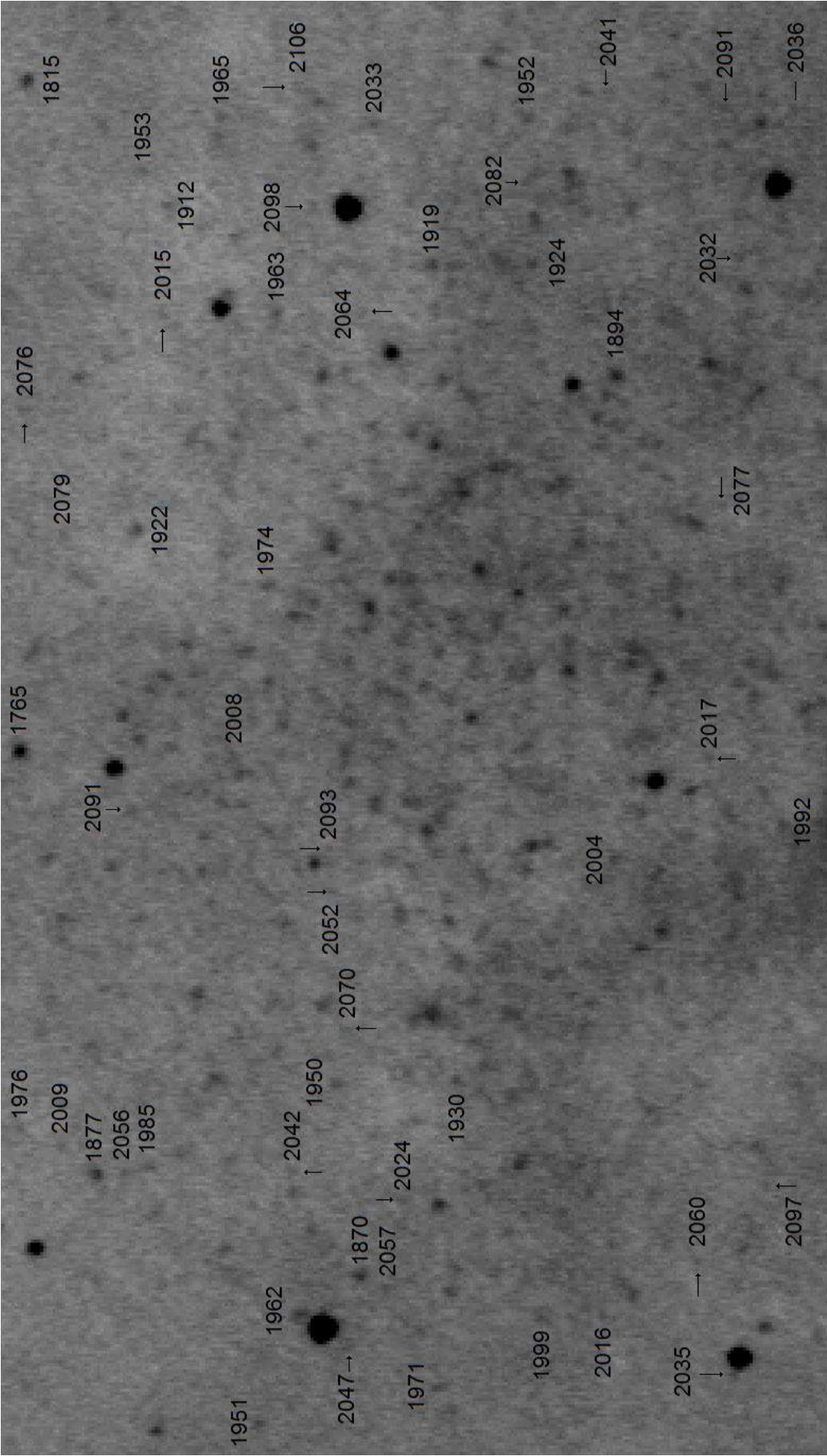


Figura 3. Galaxia anónima situada en la parte oriental de Leo I: en el panel izquierdo aparece una imagen profesional (DSS) mientras que en el derecho insertamos nuestra fotografía CCD; la marca en el panel izquierdo mide 30". La magnitud límite de nuestra imagen ronda la 21.2 V .



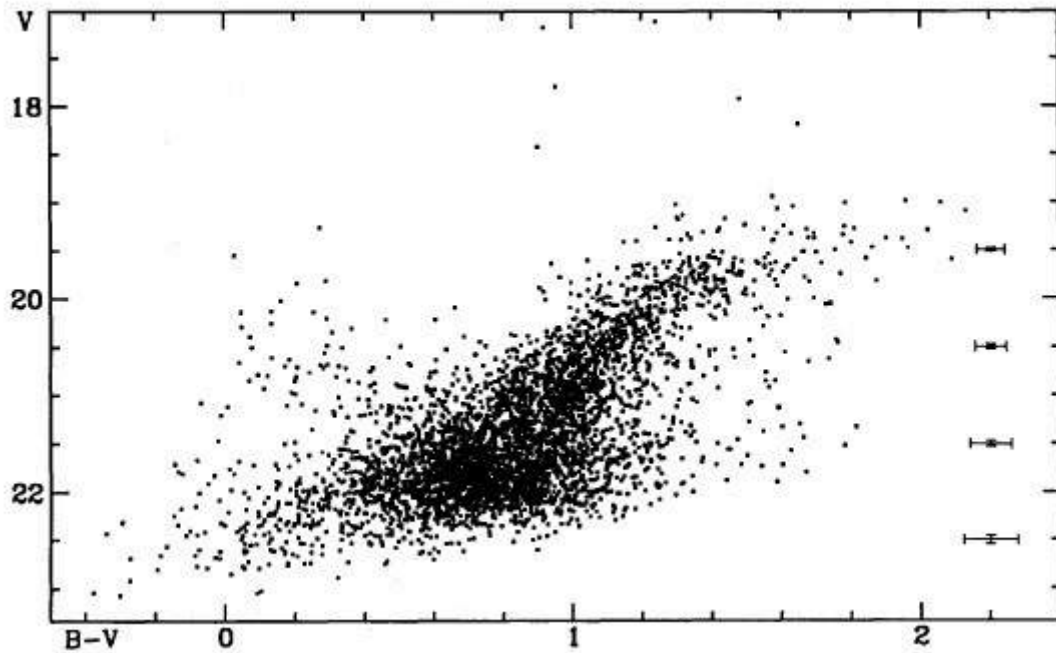


Figura 5. Diagrama H-R de la galaxia Leo I tomado del trabajo de Demers *et al.* (1994): podemos comprobar que las estrellas más brillantes son astros rojos de magnitud $>19 V$ e índices de color $B - V > 1.22$.

RESUMEN

Utilizando nuestro equipo habitual (catadióptrico de 203 mm de abertura con reductor de focal $f/6.3$) hemos capturado y resuelto en estrellas la galaxia elipsoidal enana Leo I, situada apenas a 12' al Norte de la brillante estrella Régulo (α Leonis). Para ello hemos adicionado 20 imágenes obtenidas en luz integral, de 120 segundos de exposición cada una, obteniendo una única imagen cuyo tiempo de exposición ha sido igual a 40 minutos: el campo capturado fue de 15.6' x 11.6' con una resolución igual a 1.20"/píxel. A través de SIMBAD primero, y del visor *Aladin Sky Atlas* más tarde, hemos abierto y examinado distintas imágenes de la zona: al compararlas con nuestra fotografía hemos comprobado que la galaxia ha quedado resuelta en sus componentes (estrellas Gigantes Rojas y AGB), observándose todas sus estrellas de Carbono conocidas hasta la fecha. También se aprecia una galaxia anónima ovalada, de unos 10" de diámetro, situada en su parte oriental cerca de la estrella de Carbono nº 15. La magnitud límite de nuestra imagen CCD ronda la 21.3 V ya que pueden identificarse, sin duda alguna, astros de magnitud 21.2-21.3 V : este límite de magnitud es similar al obtenido en el año 2016 al analizar imágenes profundas del cúmulo globular NGC 2419. Creemos que mejorando el enfoque, el seguimiento y trabajando en noches muy oscuras, de reducida turbulencia y excelente transparencia, podríamos arañar todavía unas décimas de magnitud, aunque es muy difícil (o poco probable) que llevemos la magnitud límite de nuestro equipo a la 21.5 V : no obstante lo intentaremos en una campaña futura.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido realizado utilizando los catálogos y bancos de datos de VizieR y SIMBAD (Centro de Datos Estelares CDS, Strasbourg, France), *Aladin Sky Atlas*, NASA's Astrophysics Data System, así como el telescopio catadióptrico de 203 mm de abertura, la cámara CCD y la rueda de filtros fotométricos $BVRcIc$ del Observatorio Astronómico *Norba Caesarina*, que se encuentra situado a las afueras de Cáceres (Extremadura, España).

REFERENCIAS

- Aladin Sky Atlas: <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl>
- Azzopardi, M. *et al.* (1985), A&A, 144, 388: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1985A%26A...144..388A>
- Azzopardi, M. *et al.* (1986), A&A, 161, 232: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1986A%26A...161..232A>
- Bellazzini *et al.* (2004), MNRAS, 354, 708: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2004MNRAS.354..708B>
- Demers, S. *et al.* (1994), MNRAS, 266, 7: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1994MNRAS.266....7>
- Harrington, R.G., Wilson, A.G., (1950), PASP 62, 118: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1950PASP...62..118H>
- SIMBAD Astronomical Database: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Software *PHD2 Guiding*: <http://openphdguiding.org/>
- Violat Bordonau, F., (2016, diciembre), web Casanchi: <http://casanchi.com/ast/ngc241901.htm>
- VizieR Catalogue Service: <http://vizier.u-strasbg.fr/>