

Estrellas variables eruptivas en el halo galáctico*

Enrique Chavira^{1†} y *Nelson Falcón*^{2**}

¹*Inst. Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. México.*

²*Universidad de Carabobo. FACYT. Dpto. de Física. Apto Postal 124
Avenida Bolívar Norte, Valencia 2001, Venezuela.*

Recibido: 10-09-02 Aceptado: 30-03-04

Resumen

Se presentan cinco casos de estrellas calientes excesivamente azules en el halo galáctico, con erupciones de luminosidad. Las características de las erupciones sugieren su identificación como novae enanas y se propone un modelo, fundado en la inestabilidad secular de la ignición nuclear, para explicar las características preliminares observadas.

Palabras clave: Estrellas; interior; inestabilidad secular; variables eruptivas.

Eruptive Variable Stars in the Galactic Halo

Abstract

Five cases of excessively blue hot stars are presented, with outbursts of brightness, detected by means of the Blink microscope in plates of the INAOE photographic wealth, during the period 1960-1964. The characteristics of the outbursts suggest their identification like eruptive stars type dwarf novae. Additionally a model intends, been founded in the secular instability of the nuclear ignition, to explain the observed preliminary characteristics.

Key words: Eruptive variables; interior; secular instability; stars.

1. Introducción

Desde el primer catálogo fotográfico del halo galáctico se conoce la existencia de estrellas brillantes azules en altas latitudes galácticas (1). La existencia de este tipo de estrellas variables en el halo entraña la dificultad de explicar su génesis, toda vez que los modelos usuales de variables eruptivas tipo novae enanas (DN) involucran sistemas binarios con objetos colapsados (2). Por otra parte la elaboración de modelos y la caracterización de estrellas tipo P Cisne, U Geminorum y Z Camelopardalis es todavía controversial (3).

Haro y colaboradores, realizaron un programa para caracterizar candidatos a variables eruptivas en el halo galáctico (4) las

placas permanecen en el acervo fotográfico del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). En el presente trabajo se presentan varios casos de estrellas eruptivas del halo galáctico no reportadas, identificadas a partir del blinkaje de las placas del acervo fotográfico del INAOE.

Las observaciones se realizaron con el telescopio Schmidt de 2,1 m de Tonantzintla, con tiempos de exposición de 15 minutos sobre placas de emulsión 103aO y 103aE. Los campos fueron seleccionados en las cercanías del polo sur galáctico entre los objetos débiles ($m \geq 18$) con fuerte emisión azul de acuerdo con el método de tres colores en placas 103aD y filtros Scott UGI, Wratten 12 y 7.

† In memoriam

* Trabajo presentado en el Segundo Congreso Venezolano de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Oriente. Cumamá, 2000.

** Autor para la correspondencia. E-mail: nfalcon@uc.edu.ve

2. Resultados

Un total de 44 placas tomadas en el lapso 1960-1964 fueron comparadas mediante el microscopio Blink y los campos identificados a través del Palomar Sky Survey (APM automatic plate). Cinco variables fueron identificadas (Tabla 1) y los eventos se muestran en la Tabla 2.

La declinación del máximo y el intervalo de la curva de luz de la variable V7, son compatible con las curvas de luz reportadas para estrellas tipo U-Gem (3). El cociente entre los lapsos de crecimiento y de relajación de los pulsos observados supera la relación característica para objetos Flare Stars (5). No hay suficientes datos de las otras variables que permitan construir una curva de luz fiable y discernir entre estrellas U-Gem, Z-Cam y SU Ursae Majoris. El cociente entre los lapsos de crecimiento y de relajación de los pulsos observados supera la relación característica para objetos Flare Stars (FS). Las duraciones típicas de los pulsos FS son del orden de los minutos a 10 horas (5).

Para un campo de observación dado, la probabilidad de encontrar N nuevas variables, tras A1, A2, ..., An comparaciones (Blinkaje de placas) está dada por la relación (2):

$$N = (1 - (1 - w)^n)^{-1} \sum_i^n A_i \quad [1]$$

donde w es la probabilidad de detección en términos de la duración (D) del eclipse o

erupción ("bursts") y del lapso entre eventos sucesivos (P):

$$w = 2 \frac{D}{P} \left(1 - \frac{D}{P} \right) \quad [2]$$

De los resultados de la Tabla 2 se tiene en promedio, w 0,128 con lo cual se requiere 229 comparaciones para detectar el 90% de las posibles variables en el campo observado, supuesto en promedio los valores de D y P antes asumidos. Como las variaciones de luminosidad (burst) son aleatorias, hipótesis ergódica, la ocurrencia de un nuevo destello en el mismo campo podría ser detectada en al menos 229 cuasi-períodos sucesivos, vale decir durante los siguientes 18,82 años luego del último máximo. En la Figura 1 podemos ver la curva de luz de la variable eruptiva V7.

3. Discusión

Para modelar las erupciones suponemos que las variaciones de magnitud son debidas a procesos intrínsecos de las estrellas a radio constante, exploraremos el comportamiento de la estabilidad nuclear sobre una mancha caliente de helio (una capa alrededor del núcleo o bien un glóbulo convectivo; "hot spot") situado en los alrededores de la zona de fusión (núcleo). Considérese una pequeña envoltente esférica, alrededor de la estrella en equilibrio hidrostático. Como consecuencia de la adición de una pequeña cantidad de calor por la esfera cen-

Tabla1
Estrellas Variables Observadas

Variable (Notación arbitraria)	Coordenadas (1950) AR	B-V U-B	m
V-7	22:23:00 -11:29:00	-0,1 -0,1	18,9
V-9I	02:20:00 -19:46:00	0.0 -0,2	18,4
V-9III	02:20:00 -19:46:00	-0.1 -0,2	18,1
V-9IV	02:20:00 -19:46:00	-0.1 -0,3	18,6
V-11	03:39:00 -26:45:00	-0.1 -0,1	18,6

Tabla 2
Eventos ("Optical Burst") en Variables Eruptivas

Variable	Fecha / placa N°	m	Variable	Fecha / placa N°	m
V9I	60-07-27 /8014	14.5	V9III	60-09-22 /8054	16
	60-09-17 /8047	15		60-11-16 /8136	16
	60-12-09 /8178	18	V11	60-12-15 /8213	17
V9IV	60-07-27 /8014	15		60-12-19 /8234	16
	60-11-16 /8136	17		64-10-12 /1755	17
	60-12-13 /8183	18	67-11-01 /3581	>19	

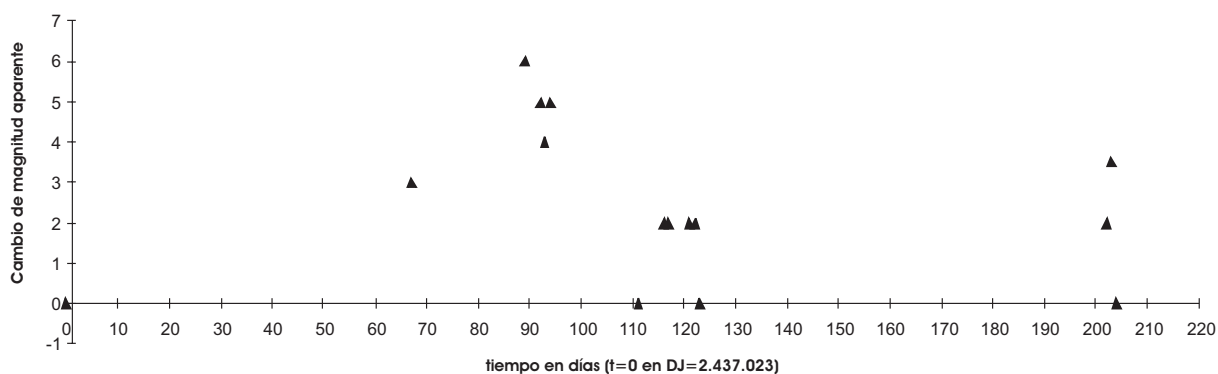


Figura 1. Curva de Luz de Estrella V7.

tral, la estrella sufre una expansión holónoma. En cuyo caso se tiene que el calor (dq) por unidad de masa adicionado por la esfera central es (6):

$$dq = c_p dT - \frac{\delta}{\rho} dP \quad [3]$$

Donde c_p denota el calor específico por unidad de masa a presión constante. La relación precedente puede escribirse en términos del gradiente adiabático de temperatura, como

$$dq = c_p T_c (\vartheta_c - \nabla_{ad} P_c) = c^* dT_c \quad [4]$$

En el cual:

$$c^* \equiv c_p \left(1 - \nabla_{ad} \frac{4\delta}{4\alpha - 3} \right) \quad [5]$$

denota el calor específico gravotérmico. Si es positivo la adición de una cierta cantidad de energía por la esfera central acarrea el calentamiento de la materia, si por el contrario c^* es negativo (gas ideal) entonces la adición de calor ($dq > 0$) conlleva al enfriamiento del glóbulo ($dT < 0$).

En una estrella de baja metalicidad con generación de helio, vía cadena pp, podrían tener lugar fluctuaciones de densidad (distribución anisótropa) con la subsecuente formación de glóbulos de material degenerado, e incluso una envoltura interna. Procesos de coalescencia y convección pueden incrementar el tamaño de estas anisotropías.

Durante la evolución estelar, bajo equilibrio hidrostático, el calor añadido por el centro de la estrella incrementaría la temperatura del material degenerado situado fuera del

núcleo y, con ello, su deflagración en forma de combustión “instantánea”. Según estas ideas el decaimiento de luminosidad debería ser logarítmico, como parece sugerir las curvas de luz de variables eruptivas tipo DN (3). Por otro lado, mientras más intenso es el máximo mayor cantidad de material degenerado del glóbulo o capa en la estrella se consume (“runaway” local); requiriendo mayor lapso para la nueva acumulación de material fuera del núcleo. Ello podría explicar la relación empírica de Kukakin-Paranego (7), según la cual a mayor cantidad de energía emitida durante la erupción (“burst”) mayor es el intervalo entre máximos.

Agradecimientos

Agradecemos al CDCH-UC por la subvención recibida por el Proyecto 97-014 y al Inst. Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INOE- México) por la Pasantía de Estudios realizada en el durante el año 1999.

Referencias Bibliográficas

1. HUMANSON M.L., ZWICKY F. *Ap J* 105: 85-92, 1947.
2. HOFFMEISTER C., RICHTER G., WENZAL W. *Variable Stars*. Springer Verlag (Germany), p 244, 1984.
3. STERKEN C., JASCHEK C. *Light Curves of Variable Stars*. U. Press Cambridge (England), p 149, 1996.
4. HARO G., CHAVIRA E. *Bol Obs Tonantzintla y Tacubaya* 2(19): 11-18, 1960.
5. GURZADYAN G.A. *Flare Stars*. Pergamon Press (Oxford England), pág 84 y 86, 1980.
6. HERRERA L., FALCÓN N. *Astrophysics and Space Science* 229: 105-115, 1995.
7. AUDOUZE J., VAUCLAIR S. *Introduction Nuclear Astrophysics*. Dordrecht (Germany), pág. 68, 1980.