

Obtención de estrellas jóvenes en la región LDN1588 mediante metodos fotometricos

Daniel Felipe Rojas Paternina ¹

¹ *Universidad Nacional de Colombia*

Resumen

Con el fin de obtener estrellas jóvenes de clase II candidatas a tener planetas en formación, se estudió el cúmulo estelar LDN1588. Lo anterior se realizó mediante diagramas de color-color ($[3,6]-[4,5]$ vs $[5,8]-[8,0]$) de las fuentes estelares obtenidas por medio de las imágenes proporcionadas por la cámara IRAC del telescopio espacial Spitzer y realizando diagramas color-magnitud de estrellas en la región obtenidas por imágenes de la cámara OSMOS del telescopio de la universidad de Michigan, utilizando en las dos noches de observación los filtros de color V,R e I. Para encontrar las estrellas jóvenes candidatas, se consideró la región $0 < [3,6]-[4,5] < 0,8$ y $0,4 < [5,8]-[8,0] < 1,1$ del diagrama color-color como la zona correspondiente a las estrellas de clase II y finalmente se cruzó con los catálogos de ciencia obtenidos por las imágenes de la cámara OSMOS, obteniendo de esa forma un total de 310 estrellas jóvenes candidatas en la región.

Palabras clave: Magnitud absoluta y aparente, extinción, diagramas color-color, diagramas color-magnitud, fotometria.

1. Introducción

Desde que la humanidad dejó de ser nómada, el ser humano mostró interés por el cosmos, lo cual ha ocasionado que con el pasar del tiempo se creen instrumentos y teorías que nos ayuden a comprender mejor el universo y los objetos distantes que vemos en el cielo nocturno. Uno de los temas de interés que han surgido con el pasar de los años, es como se formó el planeta en el que habitamos, la tierra. Para comprender este proceso, se pueden estudiar planetas en formación con condiciones similares a las de nuestro sistema solar, donde nuestro conocimiento actual nos indica que dichos sucesos acontecen alrededor de estrellas jóvenes. Esto es debido a que las teorías actuales de formación planetaria nos dicen que una vez se condensa un disco de gas molecular y polvo al rededor de una estrella joven, se tendrá como consecuencia que con el pasar del tiempo se obtendrán planetas por el colapso de inmensas nubes bajo la fuerza de gravedad. Por este motivo, en muchas ocasiones los estudios fotométricos y de espectroscopia se centran en encontrar estrellas jóvenes con las condiciones necesarias para la formación planetaria.

Las estrellas, suelen formarse en nubes de moléculas gigantes que se encuentran en el medio interestelar, dichas nubes están compuestas principalmente por hidrógeno molecular (H_2), el cual se cree que representa

más del 50 % de la masa molecular de nuestra galaxia y que, además, se cree que en regiones con una gran cantidad de estas moléculas se forma el monóxido de carbono (CO), el cual es la segunda molécula más abundante de nuestra galaxia y que junto al H_2 son los principales componentes de las nubes moleculares gigantes. Este suceso de formación estelar se produce a partir de la fragmentación y colapso gravitacional de los grumos moleculares densos en la nube, ocasionando la formación de núcleos protoestelares, es decir, un objeto estelar joven, YSO (young stellar object).

Por otra parte, los YSOs suelen ser estrellas de baja masa y que presentan un exceso de emisión en el infrarrojo originado en los discos circunestelares que rodean a la estrella. Además, se encuentran caracterizados por cuatro etapas, las cuales se basan en el índice espectral de sus distribuciones de energía, donde el índice espectral infrarrojo α_{IR} esta dado por la relación

$$\alpha_{IR} = \frac{d \log(\nu F_\nu)}{d \log(\nu)}$$

con ν la frecuencia y F_ν la densidad de flujo. Se denominan estrellas de clase 0 a los YSOs con $\alpha_{IR} = 0$ y que se encuentran completamente tapados por su envoltura de polvo, ocasionando que las emisiones resultantes de la estrella se encuentren en el infrarrojo lejano y por ende sean muy complicadas de observar, estas estrellas son las que se consideran los YSOs más jóvenes; Los ISOs con

$\alpha_{IR} > 0$ se clasifican como clase I, estos corresponden a objetos detectables en el cercano infrarrojo y que además se denominan como estrellas jóvenes que se caracterizan por tener un disco de acreción; los ISOs que poseen $-1,5 < \alpha_{IR} < 0$ se clasifican como clase II, los cuales son estrellas que poseen una envoltura de polvo descendente y que por ende empiezan a ser percibidas en el visible; y finalmente, aquellos YSOs con $\alpha_{IR} < -1,5$ se clasifican como clase III y corresponde a estrellas que terminaron de dispersar sus envolturas por efecto de los vientos estelares.

Como es de esperarse, la observación de YSOs en el visual es muy difícil debido a que la luz que recibimos de ellos se encuentra oscurecida por las nubes envoltoras de la estrella. Es por esto que para estudiar estas regiones se estudia la emisión en el infrarrojo o emisiones con menor longitud de onda. Sin embargo, el polvo en el medio estelar y la masa de aire en la atmósfera terrestre ocasiona un fenómeno de extinción en la luz que se recibe en un observatorio. El fenómeno de extinción consiste en la dispersión y absorción de la luz, ocasionando que la luz que recibimos en un observatorio tenga menor energía que la luz que surge de la estrella. Por este motivo, es necesario hacer uso de las curvas de extinción de las medidas astronómicas para poder obtener la distribución real de la energía de la estrella y de su material circunestelar.



Figura 1. Cúmulo estelar LBN1588. Recuperado del software Aladin Sky Atlas.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente informe estamos interesados en analizar el cúmulo estelar LBN1588, mostrado en la figura 1, que se encuentra sobre el anillo de polvo que rodea a la estrella lambda Ori, esto con el fin de encontrar estrellas jóvenes que sean de clase II y puedan ser comparadas por medio de los diagramas de color-color (CC). Para esto, se utilizaron imágenes proporcionadas por el telescopio espacial Spitzer que posee una cámara de matriz infrarroja (IRAC) que permite observar emisiones en el infrarrojo y por ende la detección de estrellas jóvenes en la región y además,

imágenes proporcionadas por la cámara OSMOS del telescopio de la universidad de Michigan.

2. Procedimiento

Inicialmente, se realizó la fotometría de las imágenes en infrarrojo proporcionadas por el telescopio Spitzer y las imágenes de ciencia proporcionadas por la cámara OSMOS. Para esto, se utilizó la herramienta de fotometría *wcstools*, la cual proporciona los colores estelares y las magnitudes aparentes para cada uno de los canales y filtros de la cámara respectivamente. Debido a que el telescopio Spitzer es un telescopio espacial y que además capta en la banda del infrarrojo, donde la luz con esta longitud de onda tiene un efecto de extinción por el medio estelar despreciable, y aprovechando el hecho de que los colores estelares son independientes de las distancias de las estrellas, entonces la magnitud obtenida para las fuentes de emisión se consideró como el valor adecuado sin la necesidad de corregir por extinción. Sin embargo, las imágenes obtenidas por la cámara OSMOS, son realizadas en el telescopio de la universidad de Michigan, por lo cual sufren un proceso de extinción por la atmósfera que debe ser corregido para la obtención de las magnitudes absolutas.

Para el caso de las imágenes obtenidas con Spitzer-IRAC, se tienen observaciones en las bandas $3,6\mu m$, $4,5\mu m$, $5,8\mu m$ y $8,0\mu m$, donde las fuentes que corresponden a las estrellas de clase II pueden ser obtenidas por medio del diagrama CC $[5,8]-[8,0]$ vs $[3,6]-[4,5]$. Para esto, se utilizó un criterio empírico propuesto por Allen et al (2004), el cual consiste en clasificar como estrellas de clase dos a aquellas que se encuentran en las regiones del diagrama CC dentro de los rangos de colores $0 < [3,6]-[4,5] < 0,8$ y $0,4 < [5,8]-[8,0] < 1,1$, tal que el exceso de infrarrojo de estas fuentes es ocasionado debido a la presencia de los discos de acreción o el envoltorio en torno al objeto estelar. De esta manera se obtuvieron las fuentes candidatas a ser estrellas de clase II en la región LBN1588, sin embargo, las fuentes mostradas en la región de interés del diagrama CC no solo corresponden a estrellas del anillo de polvo que estamos estudiando, por lo tanto, para encontrar las estrellas candidatas a ser jóvenes y que estén sobre el anillo de polvo se debe realizar una comparación con las imágenes obtenidas por la cámara OSMOS y por el catálogo Two Micron All Sky Survey (2MASS).

Por otra parte, para encontrar las estrellas de la región LBN1588, se utilizó el catálogo 2MASS cruzado con las coordenadas obtenidas para las fuentes en las imágenes tomadas por la cámara OSMOS durante dos noches de observación (noche 3 y noche 4), con el fin de filtrar

a las estrellas que se encuentran en el anillo de polvo. Además, se cruzó el catálogo obtenido con el catálogo de GAIA con el fin de obtener los paralajes de las estrellas. De esta forma, se obtuvieron las estrellas de la región del anillo de polvo y se cruzó con las fuentes obtenidas anteriormente con la cámara IRAC con el fin de filtrar las estrellas de interés en el diagrama CC y de esa forma obtener las candidatas a estrellas jóvenes en el anillo.

Finalmente, se realizaron dos diagramas de color-magnitud (CM) con respecto a los filtros Rojo (R), infrarrojo (I) y visual (Verde, V) con longitud de onda central de 6400\AA , 8900\AA y 5400\AA respectivamente. Los diagramas de CM construidos fueron $VvsV-R$ y $VvsV-I$, tal que se realizaron correcciones por extinción de la atmosfera, tanto para el color y magnitud de la banda, procurando obtener valores residuales pequeños y por ende descartables en la corrección. Los coeficientes de extinción de la noche fueron obtenidos por medio de estrellas estándar que ayudaron a parametrizar las dos noches de observación y se utilizaron las masas de aire suministradas junto a las imágenes. Además, se corrigió por extinción del medio estelar las magnitudes y colores correspondientes con el fin de reconocer la ubicación de las estrellas jóvenes determinadas en el diagrama CC en los diferentes diagramas CM.

Por otra parte, durante el proceso de obtención de las estrellas en las imágenes OSMOS se consideraron aquellas estrellas que tuvieran un error menor a 0,2 en la magnitud obtenida para las distintas bandas de color. Pese a que esto nos permite obtener errores muy pequeños para la obtención de las estrellas jóvenes, estos errores podrían ser menores si consideramos la extinción por el medio estelar de las fuentes obtenidas con la cámara IRAC, sin embargo, estos serán despreciados, como ya se había comentado con anterioridad.

3. Resultados

Teniendo en cuenta los procesos para la obtención de estrellas jóvenes en la región LDN1588 explicado en la sección 2, se realizó el diagrama CC de las fuentes captadas por la cámara IRAC, obteniendo de esa forma la figura 2 que muestra el diagrama con todas las fuentes y con las fuentes de la región del anillo de polvo obtenido una vez se cruza con los resultados del catálogo de la cámara OSMOS.

Posteriormente, se realizó un diagrama CM para las estrellas obtenidas con la cámara OSMOS, obteniendo las figuras 3 y 4 correspondientes a los diagramas $VvsV-R$ y $VvsV-I$ respectivamente. Con el fin de obtener las estrellas jóvenes, se realizó el cruce con las fuentes Spitzer en el recuadro mostrado en la figura 2, obteniendo un

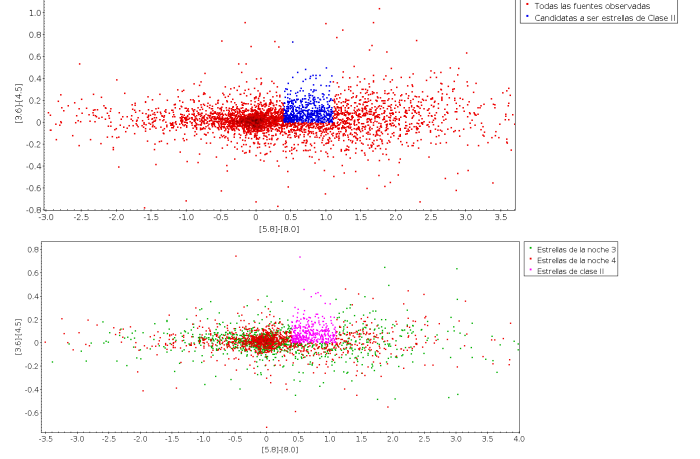


Figura 2. Diagrama CC de las fuentes obtenidas con la cámara IRAC.

catálogo con estrellas candidatas a ser de clase II. Este catálogo fue filtrado de tal forma que las estrellas que aparecen por encima de la secuencia principal fueran descartadas y quedarán únicamente aquellas estrellas que tuvieran mayor emisión en el filtro rojo e infrarrojo que en el visual.

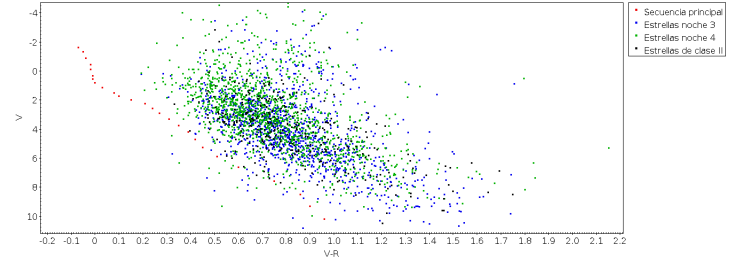


Figura 3. Diagrama CM $VvsV-R$.

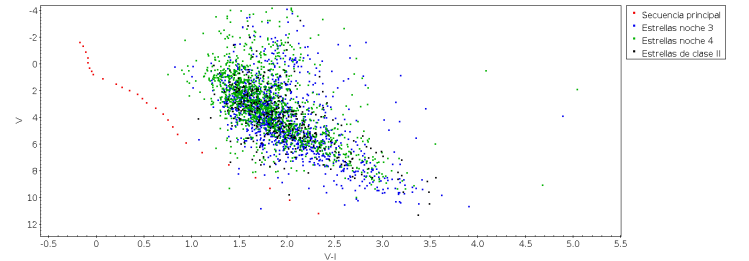


Figura 4. Diagrama CM $VvsV-I$.

Note entonces que los puntos negros en los diagramas 3 y 4, son las estrellas de clase II y por ende, aquellas estrellas candidatas a ser estrellas jóvenes que pueden albergar planetas en formación. En total, se obtuvieron 310 estrellas jóvenes, las cuales se encuentran adjuntas en la sección 4, en un documento que muestra el identificador de la estrella, su ascensión recta, su declinación y

su paralaje.

4. Referencias

1. colaboradores de Wikipedia. (2021, noviembre 6). Protoestrella. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 1 de julio de 2022, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Protoestrella>
2. Formación de estrellas y planetas. (s. f.). Alma Observatory. Recuperado 1 de julio de 2022, de <https://www.almaobservatory.org/es/sobre-alma/observando-con-alma/capacidades/formacion-de-estrellas-y-planetes/#:~:text=De%20acuerdo%20a%20nuestro%20actual,una%20nube%20molecular%20m%C3%A1s%20grande.>
3. Vazzano, M. M. (2018). Estudio multiespectral de regiones de formación estelar. Universidad nacional de la Plata. Recuperado 1 de julio de 2022, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77967>
4. Filtros para fotometría UBVRI. Observatorio Astronómico Nacional. Recuperado 1 de julio de 2022, de <http://www.astrosen.unam.mx/Ens/Instrumentacion/manuales/filtros/ubvri.html>
5. Rieke, G. H., Ebsosfsky, M. J. (1983, 25 enero). The interstellar extinction law from 1 to 13 microns. Recuperado 1 de julio de 2022.
6. Vazzano, M. M.. Estudio multiespectral de regiones de formación estelar. Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata. Recuperado 1 de julio de 2022, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77967>
7. de la Barrera, R. D. (2015, diciembre). Determinación de los coeficientes de extinción atmosférica en bandas BVI. Universidad de los Andes. Recuperado 1 de julio de 2022.
8. Allen, L. E. (2004). IRAC Colors of Young Stellar Objects. Recuperado 1 de julio de 2022.
9. Lista de estrellas jóvenes encontradas en la región LDN1588, https://drive.google.com/file/d/13gq5InrLY0f61mhRxQJTwb_8q0m0bnN2/view?usp=sharing