

DISK EVOLUTION AT THE AGES OF PLANET FORMATION — Aurora Sicilia-Aguilar

RESULTADOS DE LA TESIS, IMPACTO Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

Esta tesis contiene el primer estudio existente de regiones de formación estelar y planetaria con una edad intermedia entre 1 y 10 millones de años, que cubre el periodo en el cual la mayor parte de los discos protoplanetarios se disipan, supuestamente dando lugar a planetas. Dado que los estudios preexistentes se refieren fundamentalmente a regiones o bien muy jóvenes y poco evolucionadas (1-2 millones de años) o bien relativamente viejas (10 millones de años o más, casi sin discos), este trabajo supone un puente observacional entre los primeros estadios de los discos protoplanetarios y el resultado final (¿sistemas planetarios?), que es necesario para entender el mecanismo de formación de los planetas, usando instrumentos de nueva generación (entre otros, el Telescopio Espacial Spitzer y el espectrógrafo multifibra Hectospec/Hectochelle en el MMT, Mount Hopkins). La tesis se basa en la fotometría y espectroscopia de dos cúmulos abiertos de la región de Cep OB2 (Tr 37 y NGC 7160, con edades promedio de 4 y 10-12 millones de años, respectivamente) en diversas longitudes de onda, desde el ultravioleta (banda U) hasta el infrarrojo ($24\ \mu\text{m}$, $70\ \mu\text{m}$ en algunos casos). Con estos datos, se caracterizan las propiedades estelares (tipo espectral, edad, masa) y de los discos (presencia de acrecimiento y fracción de estrellas con discos - 45% en Tr 37 y 2% en NGC 7160-, distribución espectral de energía en las regiones entre ~ 0.1 y ~ 20 unidades astronómicas, presencia de agujeros en la parte interna del disco) para un gran número de estrellas de baja masa (~ 160 en Tr 37, y ~ 55 en NGC 7160) y de masa intermedia (~ 60 en cada cúmulo).

En las estrellas de baja masa, este trabajo encuentra evidencias de evolución del polvo (asentamiento en el plano medio del disco y crecimiento de los granos) en más del 90% de los discos, así como un número relativamente elevado (10% en Tr 37) de discos transicionales con agujeros en la parte más interna (~ 0.1 -5 UA). Los discos transicionales tienen tiempos de vida muy cortos (inferiores a 1 mega-año) y son muy raros en regiones más jóvenes. Podrían deberse a un crecimiento de los granos hasta tamaños “planetesimales” y/o el aposentamiento de los mismos en el plano medio. Dado que la mitad de estos discos transicionales no presenta evidencias de acrecimiento, pero el disco externo (>5 UA) es ópticamente grueso y está pujado, o bien la evolución ha afectado al material gaseoso interno (a través de fotoevaporación por la estrella central), o bien el crecimiento de los granos alcanza tamaños lo suficientemente grandes (¿planetas?) como para crear un agujero en el disco gaseoso. Estos resultados convierten a Cep OB2 en la región con más discos evolucionados detectada hasta ahora.

Entre las estrellas de masa intermedia (2 - $4\ M_{\odot}$), las observaciones revelan ~ 10 discos de escombros (“debris disks”) que se cuentan entre los más jóvenes detectados hasta ahora, y entre los pocos con edades bien determinadas (a través de los miembros de baja masa de los cúmulos). Estos discos indican que la formación de sistemas planetarios puede ocurrir a edades tan tempranas como 4 y 10-12 mega-años en estas estrellas. La tesis contrasta además los resultados de Cep OB2 con las observaciones de regiones más jóvenes, en particular, el glóbulo de Tr 37 (con una población de ~ 1 mega-año, desencadenada por la expansión y vientos de la población de 4 mega-años) y el cúmulo de la Nebulosa de Orión (ONC, 1-2 mega-años).

Dado que esta tesis es el primer trabajo en regiones de edad intermedia, las perspectivas futuras son grandes:

1. Trazar la evolución del gas en el disco, usando espectros ópticos de alta resolución (para detectar el acrecimiento aun a tasas muy bajas, ver publicación en preparación), y observaciones en mm y sub-mm para detectar la componente molecular y la masa total de los discos (propuesto para observación con IRAM/30m).
2. Estudiar la composición y tamaño de los granos en los discos (con Spitzer/IRS, ver publicación en preparación).
3. Modelar la estructura de los discos evolucionados (con tasas de acrecimiento más bajas, agujeros internos, crecimiento y deposición de los granos en el plano medio en la parte más interna del disco; en preparación).
4. Con vistas a las generaciones presentes (SMA) y futuras de interferómetros (ALMA), el estudio de estas y otras regiones con edades intermedias y discos evolucionados es prioritario, con el objeto de llegar a resolver la estructura interna de estos discos que se encuentran formando planetas activamente.

PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS

Disk Evolution in Cep OB2: Results from Spitzer Space Telescope.

Sicilia-Aguilar, A., Hartmann, L., Calvet, N., Megeath, S.T., Muzerolle, J., Allen, L., D'Alessio, P., Merín, B., Stauffer, J., Young, E., Lada, C., 2006, ApJ 638, 897

CepOB2: Disk Evolution and Accretion at 3-10 Myr

Sicilia-Aguilar, A., Hartmann, L., Hernández, J., Briceño, C., & Calvet, N., 2005, AJ 130, 188.

Accretion, Kinematics and Rotation in the Orion Nebula Cluster: Initial Results from Hectochelle.

Sicilia-Aguilar, A., Hartmann, L., Szentgyorgyi, A., Fabricant, D., Furezs, G., Roll, J., Conroy, M., Tokarz, S., Hernández, J., 2005, AJ, 129, 363.

Low Mass Stars and Accretion at the Ages of Planet Formation in the CepOB2 Region.

Sicilia-Aguilar, A., Hartmann, L., Briceño, C., Muzerolle, J., Calvet, N. 2004, AJ 128, 805

A Study of Intermediate-Mass Stars in Trumpler 37.

Contreras, M.E., Sicilia-Aguilar, A., Muzerolle, J., Calvet, N., Berlind, P., Hartmann, L. 2002, AJ 124, 1585

PUBLICACIONES COMO CONTINUACIÓN DEL PROYECTO EMPEZADO EN LA TESIS

Por el momento, hay dos publicaciones en preparación con datos obtenidos para el seguimiento inmediato de la tesis. Estos artículos se submitirán a AJ antes del verano de 2006.

High-Resolution Spectroscopy in Tr 37: Accretion Evolution in Evolved Protoplanetary Disks.

Sicilia-Aguilar, A., Hartmann, L., Furezs, G., Henning, Th., Dullemond, C., Brandner, W., 2006 en preparación.

IRS Spectroscopy of Evolved and Transitional Disks in Cep OB2.

Sicilia-Aguilar, A., Hartmann, L., Watson, D., Bohac, C., Bouwman, J., Henning, Th., 2006 en preparación.