

EX-2024-00149385- -UNC-ME#FAMAF

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
<b>ASIGNATURA:</b> Formación y Evolución Estelar y Planetaria.	<b>AÑO:</b> 2024
<b>CARACTER:</b> Especialidad	<b>UBICACIÓN EN LA CARRERA:</b> 5° año 1° cuatrimestre
<b>CARRERA:</b> Licenciatura en Astronomía	
<b>REGIMEN:</b> Cuatrimestral	<b>CARGA HORARIA:</b> 120 horas

### FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

Durante la materia se desarrollarán diversos aspectos relacionados con la formación y evolución de estrellas en todo el espectro de masas, incluyendo objetos en el rango sub-estelar (o enanas marrones). Se vinculará este proceso con el de la formación y existencia de planetas en los discos circunestelares asociados a estrellas tanto en formación como en las etapas finales de su evolución.

Otro de los objetivos de la materia es el estudio de los llamados planetas extrasolares, de las técnicas de detección y las características físicas de los sistemas planetarios extrasolares. Se discutirá la presencia de planetas en estrellas en todas las etapas evolutivas y en particular en remanente estelares: púlsares y enanas blancas. Se abordará la amplia diversidad de los sistemas planetarios extrasolares actualmente conocidos en comparación con el Sistema Solar. Finalmente se introducen conceptos básicos sobre Astrobiología y su estrecha vinculación con los planetas extrasolares.

La materia es de neto corte observacional. Se hará especial hincapié en los posibles aportes que pueden realizarse desde nuestras facilidades observacionales (EABA, CASLEO, Gemini) y mediante el empleo de observaciones de acceso libre, tales como: TESS, K2, Herschel, entre otras.

### CONTENIDO

#### Formación y Evolución Estelar y Planetaria

##### Unidad I: Nubes Moleculares

Diferentes tipos de nubes moleculares. Clasificación. Características observacionales y propiedades físicas. Composición. Masas y dimensiones. Soporte térmico, magnético y turbulento. Observaciones en Radio y en el Infrarrojo lejano. Nubes activas en la formación de estrellas. Núcleos Moleculares Densos.

Características. Masas y dimensiones. Empleo de diferentes trazadores moleculares (en radio) para su estudio. Observaciones en el infrarrojo. Asociación con fuentes IRAS. Localización espacial. Evidencias observacionales del colapso gravitacional: Glóbulos de Bok. Asociación con protoestrellas.

##### Unidad II: Objetos de Clases O, I, II, III

Proto-Estrellas u Objetos de Clases 0 y I. Características observacionales. Detección en radio e infrarrojo. Envoltentes colapsantes. Distribución espectral de energía. Interpretación. Determinación de edades y masas. Estrellas de Tipo T Tauri: Objetos de Clases II y III. Características espectroscópicas y fotométricas. Interpretación. Discos primigenios.

##### Unidad III: Formación Planetaria

Modelos de Formación planetaria standards: Acreción de núcleo. Inestabilidad de disco. Predicciones de ambos modelos y confrontación con la evidencia observacional actual. Modelos híbridos. Relevancia de la metalicidad estelar para los distintos escenarios de formación planetaria. Predicciones de los modelos actuales y evolución de discos protoplanetarios. Problema de la escala de tiempo de disipación del gas y formación planetaria.

EX-2024-00149385- -UNC-ME#FAMAF

Unidad IV: Eventos de Tipo FU Orionis y Flujos Moleculares, Jets (Chorros) Estelares, Objetos de Tipo HH (Herbig-Haro)

FU Orionis: Características fotométricas y espectroscópicas. Cuasi-periodicidad. Estadística de los eventos. Modelo de acreción. Tasa de acreción de masa del disco a la estrellas. Flujos Moleculares, Jets (Chorros) Estelares, Objetos de Tipo HH (Herbig-Haro). Características observacionales. Flujos moleculares clásicos y altamente colimados. Rol e importancia para la formación de estrellas. Jets ópticos y objetos de tipo HH. Flujos ópticos gigantes. Escenario unificado de los tres eventos (flujos moleculares, jets estelares, objetos de tipo HH).

Unidad V: Estrellas Herbig AeBe, de Gran Masa y Enanas Marrones

Estrellas Herbig AeBE: Detección y principales características. Curvas de luz de tipo "Algol": Interpretación. Anti-correlación entre brillo y polarización: Interpretación. Formación de Estrellas de Gran Masa. Acreción versus "Merger" o modelo colisional. Protoestrellas de gran masa. Discos y Jets. Máseres. Regiones HII ultra-compactas. Identificación de distintos estadios evolutivos en la formación de las estrellas de gran masa. Enanas Marrones. Definición y escenarios de formación. Métodos de detección. Tipos espectrales L y T. Escala de Temperaturas. Densidades y relación mas- radio. Función Inicial de Masa en el rango subestelar.

Unidad VI: Estrellas de Tipo Vega o Análogos del Cinturón de Kuiper

Definición y características. Discos de escombros o "debris". Detección de análogos al cinturón de Kuiper. Métodos de detección. Resultados recientes de Spitzer y Herschel. Extrapolaciones sobre el número de análogos solares en la vecindad Solar. Binaridad en estrellas con discos. Discos y planetas en estrellas de Secuencia Principal.

Unidad VII: Planetas Extrasolares

Definición. Métodos de detección. Ventajas y limitaciones de cada técnica. Características de los planetas extrasolares conocidos. Resultados de Kepler, K2 y TESS. Misiones espaciales futuras. Zona de habitabilidad estelar y planetaria. Binaridad en estrellas que albergan planetas extrasolares. Multiplicidad planetaria. Propiedades físicas de los planetas extrasolares.

Unidad VIII: Principales reacciones termonucleares en interiores estelares

Tasas de reacción, pesos atómicos y la temperatura. Ecuaciones en equilibrio. Tasa másica de generación de energía y tasa de reacción. La reacción protón-protón. El ciclo CNO. Quema del helio: la reacción triple-alfa. Algunas reacciones más avanzadas.

Unidad IX: Evolución Estelar

Secuencia principal superior e inferior. El límite de Schoenberg-Chandrasekhar.

Evolución pos-secuencia principal: ramas subgigante, gigante y gigante asintótica. Estructura de las estrellas subgigantes. Ascenso por la rama gigante. Estructura de las gigantes rojas y longitud de la rama gigante. El "primer dragado": potencialidades observacionales. El encendido de la reacción triple-alfa en estrellas de baja masa: el "flash" del helio. La evolución posterior a la quema del helio: la rama asintótica, el "segundo dragado" y los pulsos térmicos. Estrellas de masa baja e intermedia. Formación de núcleo de Carbono. Evolución de estrellas masivas. La evolución pos-secuencia principal: las principales etapas de quema nuclear. Cambios en las abundancias superficiales. Evolución de pre-supernova: el núcleo de hierro, importancia de la fotodesintegración, el flujo de neutrinos. El colapso del núcleo, objetos compactos. Interpretación de las curvas de luz de supernovas. Tipos de supernovas. Nucleosíntesis de los elementos pesados, el proceso-r. Nuevos tipos de supernovas, posibles progenitores.

Unidad X: Remanentes Estelares

Enanas blancas y nebulosas planetarias. Gas degenerado de electrones. Estrellas de neutrones y púlsares. Gas degenerado de neutrones. Agujeros negros. Propiedades físicas y observacionales. Sistemas binarios con agujeros negros. Emisión en rayos X.

EX-2024-00149385- -UNC-ME#FAMAF

#### Unidad XI: Los llamados Planetas Fénix

Formación de discos y planetas en estrellas evolucionadas de tipo gigantes rojas, enanas blancas y estrellas de neutrones/pulsars. Planetas Fénix y planetas remanentes. Propiedades físicas de estos tipos de planetas. Resultados recientes de Spitzer y Herschel. Formación de planetas y sistemas planetarios en todo el espectro de masas estelares y todos los estadios evolutivos de la estrella asociada. Evolución de la zona de habitabilidad estelar y planetaria.

#### Unidad XII: Conceptos Básicos sobre Astrobiología

Astrobiología: Definición y alcance. La Formación de la Tierra y los Primeros Indicios de Vida. La Teoría de Oparin. Estrellas Astrobiológicamente Interesantes y Evolución Estelar. Dominios Filogenéticos de la Vida. Extremófilos y Ambientes Terrestres Extremos. Determinación de Parámetros Planetarios: Temperatura, Presión y Radiación Ultravioleta. Marcadores Biológicos o Bio-marcadores: Definición y Características. Bio-indicadores. Misiones Espaciales y la Posibilidad de detección de Bio-indicadores.

### BIBLIOGRAFÍA

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Introduction to Stellar Astrophysics: Stellar Structure and Evolution, - Böhm-Vitense, E. 1992, Cambridge University Press

Stellar Evolution and Nucleosynthesis – S. G. Ryan & A. J. Norton 2010, Cambridge University Press

Stars and Stellar Evolution – K. De Boer & W. Seggewiss, 2008, EDP Science.

Life and Death of the Stars – G. Sprinivasan, 2014, Springer.

Charactering Stellar and Exoplanetary Environments – H. Lammer & M. Khodachenko, 2014, Springer.

Evolution of Stars and Stellar Populations – M. Salaris & S. Cassisi, 2008, WILEY.

Structure & Evolution of the Stars – M. Schwarzschild, 1965, Dover Publication INC.

Principle of Stellar Structure – J.P. Cox & R.T. Giuli, 1968, Science Publishers.

Physics of Star Formation and Early Stellar Evolution (1991), NATO Adv. Study Inst., editado por C.J. Lada & N.D. Kylafis.

Protostars and Planets III (1993), University of Arizona Press, editado por E.H. Levy & J. Lunine.

Accretion Processes in Star Formation (1998), Lee Hartmann, Cambridge Astrophysics Series Vol  
Protostars and Planets IV (2000), Tucson: University of Arizona Press; editado por Mannings, V.,  
Boss, A.P., Russell, S. S.

Protostars and Planets V (2007) Tucson: University of Arizona Press; editado por  
Reipurth, B., Jewitt, D., Keil, J.  
. 32.

The Origings of Stars and Planetary Systems (1998), Kluwer Academic Press, editado por C.J.  
Lada & N.D. Kylafis.

Protostars and Planets VI (2013) Tucson: University of Arizona Press; editado por

EX-2024-00149385- -UNC-ME#FAMAF

H. Beuther, R. S. Klessen, C. P. Dullemond, T. Henning

### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

The Origins of Stars and Planets: The VLT View; (2001), Springer; editado por J.F. Alves & M. J. McCaughrean, The Formation of Stars (2004), Stahle, S. W. y Palla, F. editado por WILEY-VCH.

Handbook of Star Forming Regions Vol. I. The Northern Sky; Handbook of Star Forming Regions Vol. II. The Southern Sky (2008), ASP Conference Series, editado por B. Reipurth.

Pre-Main-Sequence Binary Stars, Mathieu, R., (1994), ARA&A; 32, 465.

Bipolar Molecular Outflows from Young Stars and Protostars (1996), Bachiller, R., ARA&A; 34, 111.

The FU Orionis Phenomenon (1996), Hartmann, L., & Kenyon, S.J. ARA&A; 34, 207.

Physical Conditions in Regions of Star Formation; (1999) Evans, Neal J., II ARA&A; 38, 311.

Observations of Brown Dwarfs; (2000) Barsi, G., ARA&A; 38, 485.

Theory of Low-Mass Stars and Substellar Objects; (2000) Chabrier, G., & Baraffe, I., ARA&A; 38, 337.

Dusty Circumstellar Disks; (2001) Zuckerman, B., ARA&A; 39, 549.

Evolution of Debris Disks (2008) Wyatt, M. C., ARA&A; 46,339 Planet Formation (1993) Lissauer, J.J., ARA&A; 31,129

Formation of giant Planets (2007) Lissauer, J.J. & Stevenson, D. J. Protostars and Planets V, Edited by B. Reipurth, D. Jewitt, and K. Keil, University of Arizona Press

Planet Formation Migration (2006) Papaloizou, J. C. B., Terquem, C., Reports on Progress in Physics, 69, 119

Herbig-Haro Flows: Probes of Early Stellar Evolution; (2001) Reipurth, B., & Bally, J. , ARA&A; 39, 403.

Ultra-Compact HII Regions and Massive Star Formation; (2002) Churchwell, E., ARA&A; 40, 27.

Embedded Clusters in Molecular Clouds; (2003) Lada C. J. & Lada, E. A., ARA&A; 41, 57.

New Spectral Types L and T; (2005) Kirkpatrick, J. D., ARA&A; 43, 195.

Toward Understanding Massive Star Formation; (2007) Zinnecker, H., Yorke, H.W. ARA&A; 45, 481

Exoplanet Atmospheres; (2010) Seager, S., Deming, D., ARA&A; 48, 631

The Exoplanet Handbook; (2011) Perryman, M. Editorial Cambridge

Theory of low-mass stars and substellar objects; (2000) Chabrier, G. & Baraffe, I. ARA&A; 38, 337

The Formation and Early Evolution of Low-Mass Stars and Brown Dwarfs; (2012) Luhman, K.,

EX-2024-00149385- -UNC-ME#FAMAF

ARA&A; 50, 65

Vida: La Ciencia de la Biología: Heller, C., Orians, G., Purves, B., Sadava, D., Hillis, (2008), D. Editorial Panamericana

### EVALUACIÓN

#### FORMAS DE EVALUACIÓN

Asistencia al 70% de las clases teóricas. Presentación oral de un trabajo integrador que, además de los conceptos desarrollados en la materia, requiera del análisis y discusión de investigaciones recientes en el tema. El trabajo será desarrollado en forma gradual y supervisada durante el transcurso de la materia.

#### REGULARIDAD

Cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas, prácticas, o de laboratorio.  
Aprobar el trabajo integrador.

### CORRELATIVIDADES

Para Cursar:

Astronomía General (aprobada).

Astrofísica General (regularizada).

Para Rendir:

Astrofísica General (aprobada).