

## Formación y Evolución de Galaxias

**Modalidad:** materia de grado y seminario de grado

**Responsable:** Dra. Sofía A. Cora

**Duración:** cuatrimestral (segundo cuatrimestre)

**Carga horaria:** 96 hrs. (4 hrs. clases teóricas semanales – 2 hrs. clases prácticas semanales)

**Materias correlativas:** Sistemas Estelares, Elementos de Astrofísica Teórica

**Prácticas:** Es altamente recomendable poseer conocimientos básicos de programación.

**Modalidad de cursada y evaluación:**

- **Materia de Grado:** Se aplicará régimen de promoción de trabajos prácticos y de promoción de final. Este régimen exige un mínimo de ochenta (80) por ciento de asistencia tanto a las clases teóricas como a los trabajos prácticos y la realización de todos los trabajos prácticos. La evaluación final consistirá en la presentación de un coloquio con la descripción de los resultados de uno de los trabajos prácticos y la presentación del contexto teórico en el cual se enmarca el mismo. En caso de que se abandone o no se apruebe la promoción de trabajos prácticos, los mismos serán aprobados mediante la presentación de un coloquio con la descripción de los resultados de uno de los ejercicios realizados, y la evaluación final consistirá en un examen oral sobre los contenidos teóricos de la materia siguiendo la modalidad tradicional.
- **Seminario de Grado:** Este régimen exige un mínimo de ochenta (80) por ciento de asistencia tanto a las clases teóricas como a los trabajos prácticos y la realización de todos los trabajos prácticos. Los alumnos deberán realizar una exposición durante las clases teóricas en la que presentarán un artículo científico sobre algún tema específico. En caso de que no se cumpla con el mínimo de asistencia requerida, la cursada será aprobada mediante la presentación de un coloquio con la descripción de los resultados de uno de los ejercicios realizados. La evaluación final consistirá en el sorteo de uno entre cinco artículos científicos presentados durante la cursada por todos los alumnos que cursen en esta modalidad. En caso de que los trabajos presentados no lleguen a la totalidad de cinco, se considerará el desarrollo de algunos de los temas dictados.

**Contacto:** [sofia.cora@gmail.com](mailto:sofia.cora@gmail.com)

## Programa

### 1. Aspectos observacionales

Observaciones astronómicas. Galaxias: clasificación de galaxias, galaxias elípticas, galaxias disco, la Vía Láctea, galaxias enanas, galaxias con brotes estelares, núcleos galácticos activos. Propiedades estadísticas de la población de galaxias: función de luminosidad, distribución de tamaños, distribución de colores, relación masa-metalicidad, dependencia con el ambiente. Cúmulos y grupos de galaxias. Galaxias a alto corrimiento al rojo (*redshift*). Formación estelar cósmica.

### 2. Formación y evolución de halos gaseosos

Conceptos básicos de dinámica de fluidos y procesos radiativos. Formación de halos de gas caliente: *shocks* por acreción, colapso de gas colisional. Enfriamiento radiativo en halos de gas caliente. Inestabilidades térmicas e hidrodinámicas del gas que se enfría. Evolución de halos gaseosos que contienen fuentes de energía: vientos y burbujas producidas por vientos, retroalimentación energética de supernovas. Evidencias observacionales: cúmulos y grupos en rayos X, halos gaseosos alrededor de galaxias elípticas, halos gaseosos alrededor de galaxias espirales.

### **3. Formación estelar en galaxias**

Sitios de formación estelar: formación de nubes moleculares gigantes, formación de hidrógeno molecular. Mecanismos que controlan la eficiencia de formación estelar. Leyes empíricas de formación estelar. Función inicial de masa: observaciones y modelos.

### **4. Evolución química de galaxias**

Producción química estelar. Modelo de caja cerrada. Modelos de *inflow* y *outflow*. Retroalimentación energética estelar. Relaciones de abundancias.

### **5. Galaxias disco**

Componentes de masa y momento angular: modelos de disco, curvas de rotación, contracción adiabática, momento angular del disco, la formación de galaxias disco, la componente de bulbo, ensamble del disco, simulaciones numéricas de formación de disco. Origen de las relaciones de escala de galaxias disco. El origen de discos exponenciales. Inestabilidades de disco. Propiedades de la población estelar: tendencias globales, gradientes de colores, evolución química de discos.

### **6. Interacción y transformaciones de galaxias**

Encuentros de alta velocidad. Fricción dinámica. Fusión de galaxias: criterio de fusiones, demografía de fusiones, conexión entre fusiones, brotes estelares y núcleos galácticos activos, fusiones menores y calentamiento del disco. Transformación de galaxias en cúmulos: acoso de galaxias, canibalismo galácticos, presión de barrido, estrangulación.

### **7. Galaxias elípticas**

Estructura y dinámica: propiedades fotométricas, propiedades cinemáticas, evidencia de halos de materia oscura, evidencia de agujeros negros supermasivos. Formación de galaxias elípticas: escenario de colapso monolítico, escenario de fusiones, fusión jerárquica y población de elípticas. Tests observacionales: evolución de la densidad numérica de elípticas, los tamaños de las elípticas, evidencias de fusiones, tasas de fusión. El plano fundamental de galaxias elípticas.

### **8. Galaxias activas**

Población de núcleos galácticos activos (AGN). Paradigma del agujero negro supermasivo: motor central, discos de acreción, emisión en el continuo, líneas de emisión, jets, regiones de líneas de emisión y toro oscurecedor, idea de unificación. Formación y evolución de AGN: crecimiento del agujero negro supermasivo, demografía de AGN, rol del AGN en la formación de galaxias, retroalimentación radiativa, retroalimentación mecánica.

### **9. Propiedades estadísticas de la población de galaxias**

Luminosidades y masas estelares de galaxias. Conexión entre masa de halo y luminosidad de la galaxia: función de luminosidad de galaxias centrales, función de luminosidad de galaxias satélites, fracción de satélites. Conexión entre masa de halo y la historia de formación estelar: distribución de colores de galaxias, origen de la historia de formación estelar cósmica, dependencia con el ambiente, efectos dentro de halos de materia oscura, efectos en grandes escalas.

### **10. Simulaciones numéricas**

Simulaciones de N-cuerpos: cálculo de fuerzas, cuestiones relacionadas con la precisión numérica, condiciones de borde, condiciones iniciales. Simulaciones hidrodinámicas: *Smoothed-Particle Hydrodynamics* (SPH), algoritmos basados en grilla. Modelos semi-analíticos de formación y evolución de galaxias.

## Bibliografía

- Barbuy, B., Chiappini, C., Gerhard, O., 2018, ARA&A, 56, 223.
- Blanton, M. R., Moustakas, J., 2009, ARA&A, 47, 15.
- Cappellari, M., 2016, ARA&A, 54, 597.
- Carilli, C. L., Walter, F., 2013, ARA&A, 51, 105.
- Conroy, C., 2013, ARA&A, 51, 39.
- Conselice, C. J., 2014, ARA&A, 52, 291.
- D'Onghia, E., Fox, A. J., 2015, ARA&A, 54, 363.
- Kormendi, J., Ho, L. C., ARA&A, 2013, 51, 511.
- Longair, M. S., 2008, Galaxy Formation, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Madau, P., Dickinson, M., 2014, ARA&A, 52, 415.
- Maiolino, R., Mannucci, F., 2019, A&ARv, 27, 3.
- Mo, H., van den Bosch, F. C., White S. D. M., 2010, Galaxy Formation and Evolution, Cambridge; Nueva York: Cambridge University Press.
- Naab, T., Ostriker, O. J., 2017, ARA&A, 55, 59.
- Putman, M. E., Peek, J. E. G., Joung, M. R., 2012, ARA&A, 50, 491.
- Salucci, P., 2019, A&ARv, 27, 2.
- Shapley, A. E., 2011, ARA&A, 49, 5.
- Silk, J., Mamon, G. A., 2012, RAA, 917, 946.
- Somerville, R. S., Dave, R., 2015, ARA&A, 53, 51.
- Stark 2016, D. P., ARA&A, 54, 761.
- Tumlinson, J., Peebles, M. S., Werk J. K., 2017, ARA&A, 55, 38.
- Wechsler, R. H., Tinker, J. L., 2018, ARA&A, 56, 435.
- Weinberg, S., 1972, Gravitation and Cosmology, John Wiley & Sons, Nueva York.