

# Plan de Trabajo de Tesis de Licenciatura

**Alumno:** Matias Leizerovich

**Directora:** Dra. Susana J. Landau

**Codirectora:** Dra. Lucila Kraisselburd

## I. TÍTULO DEL TRABAJO

**Testeando teorías alternativas de gravedad con supernovas tipo Ia.**

## II. RESUMEN

El plan de trabajo consiste en estudiar las predicciones de la expansión del Universo en teorías de gravitación alternativas a la Relatividad General (RG). En particular, se focalizará el estudio en dos modelos particulares de teorías denominadas  $f(R)$ . A su vez, se propone contrastar sus predicciones teóricas mediante un análisis estadístico con datos recientes de Supernovas tipo Ia y obtener límites sobre los parámetros libres de las teorías  $f(R)$ .

*Palabras Clave:* Supernovas tipo IA, Cosmología, Teorías de gravitación alternativas a la RG

## III. INTRODUCCIÓN

Una supernova es una explosión estelar extremadamente luminosa. Su clasificación se basa en el análisis de las líneas de absorción del espectro electromagnético, diferenciándolas entre tipo Ia, Ib, Ic y II. Las supernovas tipo Ia (SNIa) son aquellas que carecen de líneas de hidrógeno y helio en sus espectros ópticos y presentan, en cambio, una línea de absorción de silicio. Éstas son el tipo más luminoso y llegan a ser más brillantes que las galaxias en las que se encuentran. Tanto las propiedades espectrales como las magnitudes absolutas y la forma de las curvas de luz de las SNIa son increíblemente homogéneas. Debido a estas características, las SNIa pueden ser utilizadas como candelas estándar y a su vez se utilizan para determinar parámetros cosmológicos como la densidad de materia y la constante de Hubble y para testear teorías alternativas al modelo cosmológico estándar.

Durante los últimos 20 años, el estudio del origen y la evolución del Universo ha experimentado grandes avances y cambios. Por un lado, los desarrollos realizados en el campo de la física de partículas han llevado a entender los efectos de la física de altas energías sobre el Universo observable. Por otra parte, el descubrimiento de la aceleración de la expansión del Universo a partir de las luminosidades de las supernovas tipo Ia (SNIa) en 1998 dio lugar a una modificación en el Modelo Cosmológico Estándar. La modificación más simple y que permite actualmente explicar todos los datos observacionales actuales consiste en incluir el término de la constante cosmológica propuesto por Einstein (técnicamente se denomina a tales cosmologías  $\Lambda_{\text{CDM}}$  y constituye el Modelo Cosmológico Estándar actual). Sin embargo, no se puede explicar el valor observado de esa constante a partir de las predicciones del Modelo Cosmológico Estándar y/o el Modelo Standard de Partículas Elementales. Por este motivo, se han propuesto modelos alternativos al Modelo Cosmológico Estándar

que pueden dividirse en dos familias: i) energía oscura, y ii) teorías de gravitación alternativas a la Relatividad General (RG). En el primero de los casos, la aceleración del Universo se puede explicar a partir de una componente adicional en el tensor de energía momento que tiene la particularidad de tener presión negativa, a esa componente se la denomina “energía oscura”. En el segundo caso, una modificación a la teoría de gravedad de Einstein sería la responsable de la expansión acelerada del Universo. Este plan de trabajo se enfocará en el estudio de las llamadas teorías  $f(R)$ , donde la acción del campo gravitatorio se escribe de una manera generalizada como una función del escalar de Ricci [1, 2].

#### IV. OBJETIVOS DEL LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de este plan de trabajo es estudiar las predicciones para la evolución del Universo dadas por teorías alternativas al Modelo Cosmológico Estándar; en particular nos focalizaremos en las llamadas  $f(R)$ . Dentro de estas últimas, se quiere analizar particularmente los modelos de: i) Starobinsky [1] y ii) Hu-Sawicky [2].

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Realizar un análisis estadístico utilizando datos reciente de la luminosidad y corrimiento al rojo (en adelante redshift) de Supernovas tipo Ia para testear las predicciones de las teorías  $f(R)$  propuestas en este trabajo.
2. Estimar límites sobre los parámetros libres de las teorías  $f(R)$  y compararlos con los obtenidos usando datos del Sistema Solar.

#### V. METODOLOGÍA

Se propone realizar un análisis estadístico para contrastar las predicciones de distintas teorías  $f(R)$  de la distancia luminosa de supernovas tipo Ia con datos observacionales provistos por la compilación Pantheon. Las tareas a realizar son:

1. Resolver con métodos numéricos las ecuaciones de Friedmann para cada una de las teorías  $f(R)$  propuestas en este plan de trabajo
2. Realizar el análisis estadístico con datos de la compilación Pantheon de Supernovas tipo Ia [3]

#### VI. JUSTIFICACIÓN PARA INCLUIR UN CO-DIRECTOR EN EL PRESENTE PLAN

El presente plan de trabajo propone comparar las predicciones de teorías  $f(R)$  con datos recientes de supernovas tipo Ia. Para llevarlo al cabo será necesario integrar las ecuaciones de Friedmann usando métodos numéricos. La Dra. Lucila Kraiselburd, investigadora asistente del CONICET es experta en el estudio de teorías  $f(R)$ . La Dra Susana Landau es experta en análisis estadístico con

datos cosmológicos. Por lo tanto, es necesaria la contribución de ambas investigadoras para llevar a cabo el plan de trabajo propuesto.

- 
- [1] A. A. Starobinsky, Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters **86**, 157 (2007), 0706.2041.
  - [2] W. Hu and I. Sawicki, Phys. Rev. D **76**, 104043 (2007), 0708.1190.
  - [3] D. M. Scolnic, D. O. Jones, A. Rest, Y. C. Pan, R. Chornock, R. J. Foley, M. E. Huber, R. Kessler, G. Narayan, A. G. Riess, et al., Astrophys. J. **859**, 101 (2018), 1710.00845.