**CORREO**

Juan.carvajal12@udea.edu.co

**NOMBRE ESTUDIANTE**

Juan Pablo Carvajal González

**CEDULA ESTUDIANTE**

1238938488

**E-MAIL ESTUDIANTE**

Juan.carvajal12@udea.edu.co

**PROGRAMA**

Astronomía

**NOMBRE DEL DIRECTOR DE TESIS**

Juan Carlos Muñoz Cuartas

**E-MAIL DEL ASESOR**  
juan.munozc@udea.edu.co

**GRUPO DE INVESTIGACION DEL ASESOR**

Grupo de Física y Astrofísica computacional (FACom).

**MODALIDAD DE TDG**

Investigación (?)

**TITULO DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO**

1. Midiendo la forma del halo de la Vía Láctea mediante la colisión con las Nubes de Magallanes.
2. LA FORMA DEL HALO DE LA VÍA LÁCTEA A TRAVÉS DE LA COLISIÓN CON LAS DOS NUBES DE MAGALLANES.

**JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Hasta ahora no hay modelos completos del halo de materia oscura de la vía. Siempre se hacen suposiciones respecto a este en las que se restringen la forma del halo (a una esfera o un esferoide, por ejemplo), y su inclinación respecto al disco. Explorar escenarios más generales nos permitiría conocer de manera más detallada la morfología del halo y con ello la distribución de materia oscura de la vía láctea. Esto es de alta relevancia, porque serviría de calibración en diversas áreas, como la medición directa de la materia oscura.

Estos escenarios más generales, halos triaxiales con inclinación distinta de 0, se pueden explorar ahora mejor que nunca gracias a la creciente cantidad de datos disponibles de las distintas surveys (como 2MASS, WISE, Gaia, SDSS).

Además de la distribución de materia oscura del halo de la Vía Láctea (MW), el análisis de la dinámica serviría para contribuir a la determinación de la masa de las galaxias en interacción, MW y las nubes de magallanes (LMC, SMC), en lo que se han realizado trabajos antes.

**OBJETIVO GENERAL**

*Solo un objetivo.*

Estudiar la forma del halo de materia oscura de la galaxia a través de las observaciones de 2MASS, WISE y Gaia, así como a través de simulaciones de la interacción que experimenta la vía láctea con las dos nubes de magallanes.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

*Una lista de objetivos.*

1. Identificar las implicaciones observacionales más importantes para restringir las características orbitales de las nubes de magallanes.
2. Modelar la dinámica del sistema (MW + LMG + SMG).
   1. Modelar las galaxias individualmente cumpliendo condiciones de equilibrio.
   2. Modelar el sistema de las tres galaxias evaluando diferentes configuraciones morfológicas del halo de materia oscura.
3. Concluir si bajo la evidencia de las observaciones y las simulaciones se pueden inferir parámetros de la distribución del DMH.

**METODOLOGIA**

*Estrategias y actividades que se realizarán para completar el proyecto*

* Análisis bibliográfico en temas de (transversal):
  + Trabajos previos en el estudio de las propiedades del halo de materia oscura y los parámetros orbitales de la LMC y la SMC.
  + Métodos computacionales para simulaciones de galaxias e interacción entre galaxias.
  + Manejo de los datos observacionales para determinar propiedades de las galaxias.
* Correr un conjunto amplio de simulaciones para con técnicas de analítica de datos obtener información (4-7 meses)
  + Construir modelos y condiciones iniciales para las tres galaxias. De esta etapa hay que resaltar que la determinación de estos modelos para sistemas triaxiales como la vía láctea es muy complicado. (2 meses)
  + Realización de simulaciones. (2-3 meses)
  + Análisis de los datos. (2-3 meses)
* Presentación de informes. (transversal)

**ANTECEDENTES**

*Describa aquí los antecedentes del proyecto, incluyendo las tareas ya realizadas previamente a la matrícula del curso*

Por parte del estudiante, previo a la matrícula del curso se realizó una revisión bibliográfica extensiva de los procedimientos realizados por otros investigadores en este tipo de análisis dinámicos de sistemas de galaxias, de las bases de datos usadas en estos, y del tipo de programas para las simulaciones numéricas. Además, el conocimiento adquirido en el curso de Galaxias, y en las materias electivas de Astrofísica Computacional y Analítica de Datos, así como de cursos externos en analítica de datos serán de utilidad en el desarrollo de este trabajo de grado.

FACom, el grupo de investigación al que está suscrito Juan Carlos Muñoz, el asesor de tesis en este trabajo, tiene experiencia en proyectos de investigación de este tipo, y en la línea de investigación de galaxias y cosmología se evidencia esto. En específico, el asesor ha desarrollado investigaciones en astrofísica computacional, en problemas de formación y evolución de sistemas galácticos, y tiene experiencia en la realización de simulaciones de N-cuerpos para el estudio de la dinámica de galaxias en interacción, galaxias en formación, y de la estructura del universo a gran escala. Este investigador tiene amplia experiencia también en desarrollo de software en paralelo usando MPI, y gracias a todo lo anterior, posee ya una surtida biblioteca de códigos para este tipo de problemas.

Como antecedentes adicionales en este tema en específico, hay múltiples investigaciones en las que se ha modelado bajo diferentes aproximaciones las propiedades del halo de materia oscura de la Vía Láctea usando diferentes métodos, así como los parámetros dinámicos de las órbitas de las nubes de magallanes (entre las referencias se mencionan algunos de estos trabajos).

**CRONOGRAMA**

*Lista de actividades y tiempo para realizarlas. Recuerde que el Proyecto debe realizarse en el lapso de 16 semanas. Indique la duración de las actividades en semanas.*

Semanas 1-2: Revisión bibliográfica inicial y familiarización con los códigos existentes para las simulaciones computacionales y la determinación de las condiciones iniciales para las galaxias individuales en equilibrio.

Semanas 3-8: Modelos de las galaxias individuales. Modelo simple de cada una de las nubes de magallanes. Modelo de la vía láctea considerando que es un sistema triaxial y se complica considerablemente más.

Semanas 9-14: Etapa inicial de las simulaciones computacionales del sistema completo en interacción.

Semanas 15-16: Preparación final de los informes del Seminario de trabajo de grado. Recapitulación de lo hecho y determinación de lo que tocará hacer para Trabajo de Grado.

**REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS Y PRESUPUESTO**

*Si el proyecto tiene requerimientos específicos (equipos, partes, reactivos, etc.) indíquelos y provea un estimativo de su costo.*

En algunas de las etapas de este proyecto, poder de cómputo para el procesamiento de datos y el cálculo de simulaciones numéricas será necesario. Esta necesidad está cubierta gracias a los recursos de cómputo de los que dispone en el instituto, como el cluster GFIF del instituto de física, y las estaciones de cómputo de FACom.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

*Provea aquí una lista de referencias bibliográficas sobre el Proyecto.*

1. Conroy, C., Naidu, R.P., Garavito-Camargo, N. et al. All-sky dynamical response of the Galactic halo to the Large Magellanic Cloud. Nature 592, 534–536 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03385-7>
2. Garavito-Camargo, N et al. Hunting for the Dark Matter Wake Induced by the Large Magellanic Cloud. ApJ 884, 51 (2019). <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab32eb>
3. Belokurov, V. et al. The Pisces Plume and the Magellanic wake. MNRAS 488, L47–L52 (2019). <https://doi.org/10.1093/mnrasl/slz101>
4. Majewski, S. R., Skrutskie, M. F., Weinberg, M. D. & Ostheimer, J. C. A Two Micron All Sky Survey View of the Sagittarius Dwarf Galaxy. I. Morphology of the Sagittarius Core and Tidal Arms Astrophys. J. 599, 1082–1115 (2003). <https://doi.org/10.1086/379504>
5. Koposov, S. E. et al. Exposing Sgr tidal debris behind the Galactic disc with M giants selected in WISE\2MASS Mon. Not. R. Astron. Soc. 446, 3110–3117 (2015). <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2263>
6. Quiroga, L. F., Muñoz-Cuartas, J. C., et al. Simulating the galactic system in interaction AM 2229-735 and the formation of its polar structure. MNRAS, 491, Issue 2, p.1887-1900 (2019). <https://doi.org/10.1093/mnras/stz2943>
7. Williams, A. A., Belokurov, V., Casey, A. R. & Evans, N. W. On the run: mapping the escape speed across the Galaxy with SDSS. MNRAS, 468, 2359–2371 (2017). <https://doi.org/10.1093/mnras/stx508>
8. Deason, A. J. et al. The local high-velocity tail and the Galactic escape speed. MNRAS, 485, 3514–3526 (2019). <https://doi.org/10.1093/mnras/stz623>