

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 (Tesis)

TITULO DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

LA FORMA DEL HALO DE LA VÍA LÁCTEA A TRAVÉS DE LA COLISIÓN CON LAS DOS NUBES DE MAGALLANES.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El estudio detallado de la forma del halo –simultáneamente del halo estelar (HE) y del halo de materia oscura (HMO)– de la Vía Láctea (VL) es de vital importancia en astronomía. Por una parte, porque al diseñar modelos más detallados de estos, podemos llegar a medidas más precisas de las propiedades generales de la galaxia, como la masa de sus componentes. Por otra parte, una medida indirecta de la distribución de materia oscura en la galaxia, a partir de la distribución y dinámica de la materia bariónica, serviría para calibrar y contrastar los resultados de otros métodos de detección directa de materia oscura para cuando llegue el momento de que se obtengan resultados en estas otras líneas de investigación.

Actualmente la forma del halo de materia oscura de la VL no se conoce bien. Hasta hace poco existían sólo aproximaciones a esta, en las que se hacían suposiciones bajo las que la forma del halo era restringida a, por ejemplo, una esfera, o un esferoide en el que se hacía coincidir uno de los ejes con el del disco de la VL. Sólo desde ~2018 se han empezado a estudiar las características del halo con mayor detalle. Desde las observaciones esto ha sido posible gracias a la creciente cantidad de información que tenemos del HE, contenida en las distintas surveys que se han desarrollado y se desarrollan (2MASS, WISE, Gaia, SDSS). El volumen y la calidad de los datos ha abierto la posibilidad a explorar más detalladamente que nunca escenarios generales para la morfología del halo en sus dos componentes (HMO y HE).

A la luz de estas observaciones, se ha demostrado que la suposición de un halo en equilibrio resulta en sesgos importantes sobre las propiedades de la VL, en específico su masa (Denis Erkal et al. 2020). Más aún, existen investigaciones recientes (C. Conroy et al. 2021) que evidencian la relación de las sobre-densidades observadas en el halo (estelar) con la interacción dinámica de la VL con la Gran Nube de Magallanes (GNM), a través de simulaciones de N-cuerpos. Por esta razón, para estudiar el HMO se hace fundamental estudiar las interacciones por las que está pasando la VL, en específico, con la GNM y la Pequeña Nube de Magallanes (PNM).

Establecido lo anterior, el propósito de este proyecto es llegar a una medida indirecta de la distribución de materia oscura en la VL, a través del estudio del halo estelar y de la dinámica de la interacción de la VL con las nubes de magallanes, usando técnicas de analítica de datos y simulaciones numéricas.

OBJETIVO GENERAL

Solo un objetivo.

Estudiar la forma del halo de materia oscura de la galaxia a través del análisis de la interacción que experimenta la vía láctea con las dos nubes de magallanes. Para tal fin se usarán restricciones observacionales impuestas por los datos de 2MASS, WISE y Gaia, así como simulaciones numéricas del proceso de interacción.

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 (VL + GNM + PNM).
 - a. Modelar las galaxias individualmente cumpliendo condiciones de equilibrio.
 - b. 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 HMO.

METODOLOGIA

Estrategias y actividades que se realizarán para completar el proyecto

- Análisis bibliográfico en temas de (transversal):
 - o Trabajos previos en el estudio de las propiedades del halo de materia oscura y los parámetros orbitales de la GNM y la PNM.
 - o Métodos computacionales para simulaciones de galaxias e interacción entre galaxias.
 - o 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)
 - o 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)
 - o Realización de simulaciones. (2-3 meses)
 - o Análisis de los datos. (2-3 meses)
- Presentación de informes. (transversal)

ANTECEDENTES

Describe 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 FCom.

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. Denis Erkal, Vasily A Belokurov, Daniel L Parkin. Equilibrium models of the Milky Way mass are biased high by the LMC. *MNRAS*, 498, Issue 4, p. 5574–5580 (2020). <https://doi.org/10.1093/mnras/staa2840>

3. 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>
4. 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>
5. Belokurov, V. et al. The Pisces Plume and the Magellanic wake. MNRAS 488, L47–L52 (2019). <https://doi.org/10.1093/mnras/slz101>
6. 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>
7. Koposov, S. E. et al. Exposing Sgr tidal debris behind the Galactic disc with M giants selected in WISE\2MASS MNRAS, 446, 3110–3117 (2015). <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2263>
8. 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>
9. 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>