



Bellavista, 16 de mayo, 2022

Señor(a):

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 062-2022-D-FCNM.** - Bellavista 16 de mayo 2022.- EL DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO:

Visto el OFICIO N° 02-2022-JEPI-FCNM, recibido en forma virtual el 19 de abril del 2021, por medio del cual el presidente del Jurado Evaluador del Proyecto de Investigación para optar el Título Profesional de Licenciado en Física, informa, que el proyecto presentado por la Sta. Bachiller ALDANA COTRINA, Naira Azucena, ha sido evaluado en su estructura, metodología y contenido temático, aprobando su desarrollo.

**CONSIDERANDO:**

Que, el Art. 32° de la Ley Universitaria Ley N° 30220, norma que las Facultades son unidades de formación académica, profesional y de gestión, el Art. 70° numeral 2, 3 y 5, norma las atribuciones del Decano, a través de los Directores de los Departamentos, Directores de las Escuelas Profesionales, Unidad de Investigación y la unidad de Posgrado, y las demás dependencias, respectivamente; a fin de lograr un desarrollo académico y administrativo eficaz y eficiente, concordante con la misión, visión y valores de la Facultad FCNM;

Que, mediante Resolución del Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30 de octubre del año 2018, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad Nacional del Callao, señalando en el Art. 33° que la titulación profesional por la modalidad de tesis se realiza por uno de los dos procedimientos: a) Titulación sin ciclo de tesis, y b) Titulación con ciclo de tesis; asimismo, en su Art. 73° precisa sobre la documentación que debe presentar el estudiante o egresado para aprobar su proyecto de tesis y acceder a la titulación profesional mediante dicha modalidad;

Que, mediante Resolución N° 050-2022-D-FCNM, de fecha 25 de marzo del año 2022, se designó al Jurado Evaluador del Proyecto Investigación para optar el Título Profesional de Licenciado en Matemática presentado por la Sta. Bachiller ALDANA COTRINA, Naira Azucena, titulado: “CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE NEBULOSAS PLANETARIAS MEDIANTE SUS ORBITAS EN LA GRAN NUBE DE MAGALLANES”, conformado por los docentes: Dr. Richard Saúl. Toribio Saavedra (Presidente); Dr. Whualkuer Enrique Lozano Bartra (Vocal); Mg. Carlos Alberto Lévano Huamaccto (Secretario); Mg. Rolando Juan Alva Zavaleta (Suplente);

Que, corrido el trámite de la solicitud del recurrente, el presidente del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis presenta en forma virtual en mesa de partes de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática el 19 de abril del año 2022 el Dictamen solicitado según Reglamento, señalando que el Proyecto de Tesis reúne los requisitos de forma y fondo para ser desarrollado como tesis de Licenciatura, aprobándolo;

Estando a lo glosado; a la documentación que obra en autos; a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos; y en uso de las atribuciones que le confiere el Art. 189° del Estatuto de la Universidad Nacional del Callao, concordante con el Art. N° 70° de la ley universitaria, Ley N° 30220;

**RESUELVE:**

**1°. APROBAR**, el Proyecto de Investigación para optar el Título Profesional de Licenciado en Física titulado: “CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE NEBULOSAS PLANETARIAS MEDIANTE SUS ORBITAS EN LA GRAN NUBE DE MAGALLANES” presentado por la Sta. Bachiller ALDANA COTRINA, Naira Azucena, el mismo que forma parte integrante de la presente Resolución; en consecuencia, **AUTORIZAR**, el desarrollo del mencionado proyecto para optar el título profesional de Licenciado en Física, teniendo un plazo máximo de dos (02) años para la culminación y presentación de la tesis respectiva, a partir de la fecha de la presente Resolución.

**2°. DESIGNAR**, al docente Dr. PABLO GODOFREDO ARELLANO UBILLUZ, como asesor para el desarrollo del proyecto de tesis aprobado en el numeral anterior.

**3°. AUTORIZAR**, a la Unidad de Investigación inscribir el tema de tesis y su autor señalado en la presente Resolución, en el Libro de Registro de Tesis, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos vigente.



**4°. TRANSCRIBIR**, la presente Resolución a los miembros del Jurado Evaluador, profesor asesor, Escuela Profesional y Departamento Académico de Física, Unidad de Investigación, Comisión de Grados y Títulos e interesado, para conocimiento y fines.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE**

Fdo. **Dr. JUAN ABRAHAM MÉNDEZ VELÁSQUEZ**. -Decano y Presidente del Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao.

Fdo. **Mg. GUSTAVO ALBERTO ALTAMIZA CHÁVEZ**. -Secretario Académico  
Lo que transcribo a usted para los fines pertinentes.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



---

**Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez**  
Decano



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
D E C A N A T O



**PROVEÍDO N° 185-2022-D-FCNM**

Ref. : Solicitud cambio de asesor  
Srta. ALDANA COTRINA NAIRA AZUCENA  
Escuela Profesional de Física

---

PASE, el documento de la referencia, a la **Oficina de Secretaría Académica de la FCNM**, para su conocimiento y atención.

Bellavista, 05 de abril de 2022

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



---

Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez  
Decano

JAMV/hc  
📁 Archivo

# FORMATO DE TRÁMITE ACADÉMICO - ADMINISTRATIVO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DIRIGIDO A: Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez  
Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

## DATOS DEL RECURRENTE (LETRA IMPRENTA)

NOMBRES: NAIRA AZUCENA D.N.I: 46567705  
APELLIDOS: ALDANA COTRINA CODIGO: 1229120239  
FACULTAD: CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA ESCUELA: FÍSICA  
DOMICILIO: Mz. F Lote 1 Villa Residencial Los Olivos SMP CORREO: springfax476@hotmail.com  
TELEFONO: \_\_\_\_\_ CELULAR: 992536844

RELACIÓN CON I.A UNAC: DOCENTE  ALUMNO  EGRESADOS  OTROS

- |  |  |  |
|--|--|--|
| 1. Constancia de Egresado.                                     | 11. Diploma Título Profesional Informe | 23.- Subsanación   |
| 2. Diploma Grado de Bachiller.                                 | 12.- Acta Adicional                    | 24.- Revisión Examen Asignatura                          |
| 3. Aprobación Proyecto Tesis                                   | 13.- Certificado de Estudios           | 25.- Transcripción Resolución                            |
| 4. Designación de Jurado de Tesis                              | 14.- Retiro Total de Matrícula         | 26.- Cambio de Asesor                                    |
| 5. Expedito para Sustentación y fecha de Sustentación de Tesis | 15.- Retiro Parcial de Matrícula       | 27.- Completar Expediente                                |
| 6. Diploma de Título Profesional                               | 16.- Fraccionamiento de Matrícula      | 28.- Autorización Título Profesional de otra universidad |
| 7. Inscripción Ciclo Actualización Profesional (CAP)           | 17.- Constancia de Matrícula           | 29.- Diploma de Grado Académico Maestro y Doctor         |
| 8. Examen Final CAP  | 18.- Duplicado de Syllabus             | 30.- Otros   |
| 9. Diploma Título Profesional por Tesis                        | 19.- Reconsideración de Convalidación  |  |
| 10. Aprobar y Sustentación Informe de Experiencia Laboral      | 20.- Levantamiento de Observaciones    |  |
|  | 21.- Devolución de documentos          |  |
|  | 22.- Devolución de Dinero              |  |

## Trámite a realizar:

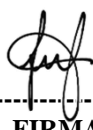
ESCRIBE EL N° DEL TRÁMITE A REALIZAR: 26

DETALLE DE LA SOLICITUD:

Habiendo, el Dr. Rafael Edgardo Carlos Reyes, renunciado a la función pública como docente de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la UNAC el 1 de enero del 2022; solicito al Dr. Pablo Godofredo Arellano Ubilluz como asesor y, además, co-asesor al Dr. Rafael Edgardo Carlos Reyes, siendo especialista en el área de Astronomía y Astrofísica y haberme guiado en el proceso de mi proyecto de tesis. Asimismo, el trámite de mi tesis debe seguir su curso según reglamento de la universidad.

## DECLARACIÓN JURADA SIMPLE

Yo, ALDANA COTRINA NAIRA AZUCENA; con DNI N° 46567705, declaro que los datos y documentos adjuntos son legalmente válidos y corresponden al tenor de la solicitud.



-----  
FIRMA

Arequipa, 2 de abril, 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
D E C A N A T O



**PROVEÍDO N°227-2022-D-FCNM**

Ref. : **OFICIO N°02-2022-JEPI-FCNM**

Acta de la Sesión de Trabajo Virtual del Jurado Evaluador del Proyecto de Investigación

**Bach. ALDANA COTRINA, Naira Azucena**

Escuela Profesional de Física

Expediente N°202.03.2021

**DERÍVESE**, el documento de la referencia a la **Oficina de Secretaría Académica de la FCNM**, para la emisión de la respectiva resolución.

Bellavista, 19 de marzo de 2022

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA



**Dr. Juan Abraham Méndez Velásquez**  
Decano

JAMV/hc  
📁 Archivo

Bellavista, 19 de abril de 2022

**OFICIO N° 02-2022-JEPI-FCNM**

Señor Doctor

**Juan Abraham Méndez Velásquez**

Decano de la facultad de Ciencias Naturales y Matemática

**Presente.** -

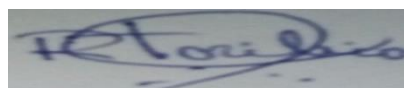
De mi consideración:

Me dirijo a usted para expresarle un cordial saludo y, a la vez, remitirle el Acta de la Sesión de trabajo Virtual del Jurado Evaluador del Proyecto de Investigación titulado: **“CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACION DE NEBULOSAS PLANETARIAS MEDIANTE SUS ORBITAS EN LA GRAN NUBE DE MAGALLANES”** presentado por el Bachiller en Física, Srta. **Aldana Cotrina, Naira Azucena**, en la que se exponen las observaciones encontradas, concluida su evaluación, así como la citación y asistencia respectiva.

Al respecto debo indicar que, habiéndose aprobado la ejecución del referido proyecto de investigación, se adjunta el informe colegiado con dictamen aprobatorio para que, según lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución N° 245-2018-CU, su Despacho emita la Resolución de aprobación del Proyecto de Investigación correspondiente.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,



Dr. Richard Saúl Toribio Saavedra

Presidente

**ACTA DE SESIÓN DE TRABAJO VIRTUAL DEL JURADO EVALUADOR DE PROYECTO DE TESIS  
DESIGNADO POR RESOLUCIÓN N° 050-2022-D-FCNM, CELEBRADA EL DÍA JUEVES 14-04-2022**

Siendo las 10:00 horas del día jueves catorce de abril del año dos mil veintidós, bajo la presidencia del Dr. Richard Saúl Toribio Saavedra, y con la asistencia de los profesores, Dr. Whualkuer Enrique Lozano Bartra y Mg. Rolando Juan Alva Zavaleta, miembros del Jurado encargado de dictaminar sobre el proyecto de investigación de pregrado, designado por Resolución N° 050-2022-D-FCNM, se procedió a revisar y evaluar el Proyecto de Investigación titulado: “CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE NEBULOSAS PLANETARIAS MEDIANTE SUS ÓRBITAS EN LA GRAN NUBE DE MAGALLANES”, presentado por el Bachiller, Srta. ALDANA COTRINA, Naira Azucena.

Estando a lo dispuesto en el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución N° 245-2018-CU, el Jurado presente – por unanimidad – tomó el siguiente acuerdo:

**ACUERDO ÚNICO:** Aprobar el el Proyecto de Investigación titulado “**CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE NEBULOSAS PLANETARIAS MEDIANTE SUS ÓRBITAS EN LA GRAN NUBE DE MAGALLANES**”, del Bachiller Srta. **ALDANA COTRINA, NAIRA AZUCENA**, para su ejecución en los términos y plazos indicados y remitirlo al Señor Decano de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, adjuntando el informe colegiado con dictar aprobatorio, para los trámites subsiguientes.

Siendo las 12:17 horas del día jueves catorce de abril del año dos mil veintidós, el presidente del Jurado Evaluador dio por culminada la sesión agradeciendo la participación de los miembros, por lo que dando fe de lo actuado firman la presente Acta.



Dr. Richard S. Toribio Saavedra  
Presidente



Dr. Whualkuer E. Lozano Bartra  
Vocal



Mg. Rolando J. Alva Zavaleta  
Suplente

c.c.: Archivo

Bellavista, 8 de abril del 2022

Señores:

Dr. Whualkuer Enrique Lozano Bartra  
Mg. Carlos Alberto Lévano Huamaccto  
Mg. Rolando Juan Alva Zavaleta

Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis

Es grato saludarles cordialmente y a la vez de citarlos vía meet, desde nuestras casas, a la sesión de trabajo en el día y hora que se indica.

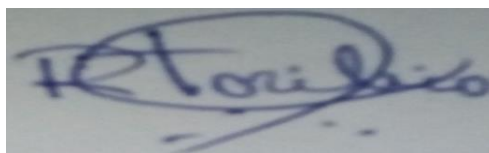
Día: jueves 14 de abril del 2022

Hora : 10:00 a.m

Link <https://meet.google.com/geo-yrcb-vsv>

AGENDA:

Proyecto de Tesis presentado por la Bach. Aldana Cotrina, Naura Azucena. Modalidad de tesis sin ciclo de tesis, titulado: CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACION DE NEBULOSAS PLANETARIAS MEDIANTE SUS ORBITAS EN LA GRAN NUBE DE MAGALLANES.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "R. Saavedra", is centered on a light gray background.

Dr. Richard Saúl Toribio Saavedra  
Presidente


cc.Archivo



ASISTENCIA A LA REUNIÓN DE TRABAJO VIRTUAL DEL JURADO EVALUADOR DEL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FECHA: 14-04-2022

RESOLUCIÓN DECANAL N° 050-2022-D-FCNM

Bach.: ALDANA COTRINA, NAIRA AZUCENA



Dr. Richard Saúl Toribio Saavedra

---



Dr. Whualkuer Enrique Lozano Bartra

---

Mg. Carlos Alberto Lévano Huamaccto

---



Mg. Rolando Juan Alva Zavaleta

---

c.c.: Archivo

Arequipa, 28 de enero, 2022

A quien corresponda:

**Presente**

Reciban un cordial y respetuoso saludo, y a la vez informar que:

Habiendo levantado las observaciones presentadas en el último documento: **PROVEÍDO N° 183-2021-D-FCNM**, enviado por la unidad de Investigación, con fecha 10 de junio del 2021, en la gestión del decano Dr. Roel Guzman Vidal; presento nuevamente mi proyecto de tesis. Asimismo, ante la naturaleza teórico-práctico de mi proyecto de tesis, solicito la aprobación respectiva y la designación del jurado revisor.

Sin otro particular a que hacer referencia y esperando que este documento sea tomado en cuenta para fines académicos y administrativos.

Atentamente.



---

Bach. Naira Azucena Aldana  
Cotrina

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
“CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE  
NEBULOSAS PLANETARIAS MEDIANTE SUS  
ÓRBITAS EN LA GRAN NUBE DE MAGALLANES”

ALDANA COTRINA, NAIRA AZUCENA

Callao, 2021


PERÚ



---

**Srta. Aldana Cotrina Naira A.**

**Estudiante**



---

**Dr. Carlos Reyes Rafael E.**

**Asesor**

## INFORMACIÓN BÁSICA

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>1. Facultad</b>                | : Ciencias Naturales y Matemáticas  |
| <b>2. Unidad de investigación</b> | : fcnm.mesa@unac.edu.pe   |
| <b>3. Título</b>                  | : Caracterización de la Población de Nebulosas Planetarias mediante sus órbitas en la Gran Nube de Magallanes |
| <b>4. Ejecutor</b>                | : Aldana Cotrina, Naira Azucena   |
| <b>5. Asesor</b>                  | : Carlos Reyes, Rafael Edgardo  |
| <b>6. Lugar de ejecución</b>      | : Universidad Nacional del Callao   |
| <b>7. Tipo de investigación</b>   | : Teórico – Experimental  |
| <b>8. Unidad de análisis</b>      | : Nebulosas Planetarias de la Gran Nube de Magallanes.  |

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>7</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	7
1.2. Formulación del problema .....	8
1.2.1. Problema general .....	8
1.2.2. Problemas específicos.....	8
1.3. Objetivos .....	8
1.3.1. Objetivo general .....	8
1.3.2. Objetivos específicos .....	8
1.4. Justificación .....	9
1.5. Limitantes de la investigación .....	9
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1. Antecedentes .....	10
2.2. Bases teóricas .....	12
2.3. Conceptual .....	13
2.4. Definición de términos básicos .....	14
<b>III. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>15</b>
3.1. Hipótesis .....	15
3.1.1. Hipótesis general .....	15
3.1.2. Hipótesis específicas .....	15
3.2. Definición conceptual de variables .....	16
3.3. Operacionalización de variables .....	17
<b>IV. DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>17</b>
4.1. Tipo y diseño de la investigación .....	17
4.2. Método de la investigación .....	18
4.3. Población y muestra .....	19
4.4. Lugar de estudio .....	19

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	19
4.6. Análisis y procesamiento de datos .....	20
<b>V. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....</b>	<b>21</b>
<b>VI. PRESUPUESTO .....</b>	<b>22</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>
<b>VIII. ANEXO .....</b>	<b>25</b>

## INTRODUCCION

El estudio de la física del Universo abarca entre sus componentes a las galaxias, las cuales son como sus unidades y para conocer estas se requiere conocer su composición y evolución física y química. Estas galaxias están compuestas por estrellas, gas y polvo. Las estrellas nacen, evolucionan y mueren; esto depende fuertemente de su masa inicial, siendo las estrellas de masa baja e intermedia las más abundantes. Una fase final de la evolución de las estrellas de masa baja e intermedia son las nebulosas planetarias. El nombre de “planetarias” se acuñó inicialmente debido a su apariencia y porque se pensó que era una fase inicial en su evolución. Hoy a la luz de los avances en la investigación de las propiedades de estos objetos se sabe que contrariamente a lo inicialmente supuesto, ellos corresponden a una fase final de la evolución estelar de estrellas de masa baja e intermedia.

Los estudios han mostrado que las estrellas se forman del gas presente en las galaxias y ellas están siempre formándose en sistemas ricos en gas y polvo, como es el caso de la galaxia conocida como Gran Nube de Magallanes, la misma que junto con la Pequeña Nube de Magallanes son galaxias satélites de la Vía Láctea, que es la galaxia donde se encuentra el sistema solar. Las estrellas al no formarse al mismo tiempo pueden agruparse en diferentes poblaciones que reflejen sistemas dinámicos diferentes, así como abundancias químicas distintas. Esto último debido a que cuando las estrellas mueren devuelven al medio interestelar material químico procesado en su interior como elementos más pesados producto de la nucleosíntesis en su núcleo.

Para la Gran Nube de Magallanes se cuenta con una gran cantidad de datos de nebulosas planetarias, pero no se ha efectuado hasta ahora ninguna discriminación o segregación en poblaciones distintas. La cantidad de datos disponibles de la literatura ya permite iniciar un trabajo



que busque relacionar a estos objetos con la dinámica de estos a través del estudio estadístico de sus posibles órbitas, trabajos similares han permitido discriminar entre sistemas viejos y jóvenes en estrellas. Así también como buscar identificar diferentes poblaciones en base a sus parámetros físicos y químicos. El objetivo del presente estudio es identificar poblaciones diferentes en nebulosas planetarias en la Gran Nube de Magallanes permitirá comprender mejor la evolución química y dinámica de esta galaxia, esto servirá de modelo para otras galaxias más distantes y con contenido semejante de gas y polvo, y su importancia en la evolución del Universo.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El problema con las nebulosas planetarias de la GNM es que aún no se ha conseguido identificar las diferentes poblaciones a las que pertenecen estas planetarias; por lo que se presume que éstas no se formaron al mismo tiempo. Además, no se conoce el tipo de órbitas que describen estas planetarias dentro de la GNM. Tampoco se sabe si su posición y cinemática en el espacio está relacionada con su población.

Las abundancias químicas es probable que esté relacionada con la población. Esto es, si una población es más joven que otra, entonces debe haber una diferencia entre las abundancias químicas, siendo menos metálica la población más vieja, pero se desconoce dicha relación.

Los parámetros físicos nebulares y los correspondientes a su estrella progenitora como luminosidad y temperatura de la estrella central permiten determinar su masa a través del diagrama Hertzsprung-Russell y usando las trayectorias evolutivas teóricas de estas estrellas.

Una vez identificadas las diferentes poblaciones de nebulosas planetarias, se puede relacionar sus radios externos con la velocidad de expansión y

de ahí obtener una edad de expansión la nebulosa. La edad de la estrella central es posible determinarla si asociamos algunas nebulosas a cúmulos estelares de la GNM con edades conocidas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Será posible asociar a las nebulosas planetarias de la GNM, algún tipo de órbita que sea radial o circular, haciendo uso de un método estadístico?

### **1.2.2. Problemas específicos**

**a.** ¿Será posible predecir órbitas circulares, radiales o una combinación de ambas en nebulosas planetarias, usando el método de distribución de velocidades en un campo gaussiano isotrópico?

**b.** ¿Existirá alguna relación entre los parámetros físicos y las abundancias químicas con el tipo de órbitas presentes en la GNM?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Identificar las órbitas de las nebulosas planetarias para caracterizar las poblaciones de éstas en la GNM.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

**a.** Determinar la cantidad de órbitas de cada nebulosa que sean, circulares, radiales o una combinación de ambas para caracterizar la población.

**b.** Relacionar y comparar los resultados de los parámetros físicos y las abundancias químicas a los valores de la velocidad radial normalizada.

#### **1.4. Justificación**

La necesidad que lleva a realizar este trabajo es que no existen estudios previos de órbitas asociadas a estos objetos; por lo que muchos autores suponen que la posible existencia de órbitas diferentes podría estar asociada a diferentes etapas de formación de estrellas de masa intermedia dentro de la galaxia GNM y podrían guardar información al respecto de la dinámica de sus estrellas progenitoras. Por otro lado, sin un estudio estadístico no será posible conocer las órbitas de las NPs; asimismo, no será posible identificar a las poblaciones con sistemas cinemáticos viejos o jóvenes y a su vez no se podrá conocer la tasa de formación de estrellas de masa intermedia y la evolución de estos objetos en la GNM.

La importancia del trabajo es conocer los diferentes grupos de NPs que corresponden a edades distintas relacionadas a la tasa de formación de estrellas en la GNM y su dependencia con la metalicidad. Esto servirá como modelo para otros sistemas de galaxias pobres en metales.

#### **1.5. Limitantes de la investigación**

- 1. Teórico.-** Se consideran las teorías de la Mecánica Celeste, donde se aborda el tema de nebulosas planetarias en la GNM y este estudio se va a centrar en los métodos estadísticos que permitirán establecer las órbitas más probables de las NPs. Asimismo, se cuenta con dos coordenadas de posición y una coordenada de velocidad, para su estudio cinemático.
- 2. Temporal.-** Los datos considerados para la realización del trabajo de investigación propuesto serán enmarcados dentro del periodo 1897 hasta 2015, considerando las investigaciones sobre las Nubes de Magallanes (PNM y GNM).
- 3. Espacial.-** El proyecto propuesto se encontrará restringido dentro de la galaxia GNM. Sin embargo, para la toma de información será

necesario ampliar el estudio de los antecedentes nacionales a las investigaciones sobre las Nubes de Magallanes en general.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Nacionales**

Existen trabajos de autores nacionales relacionados a las Nubes de Magallanes, mas no describen las órbitas de las nebulosas planetarias. Por ejemplo, Jorge Meléndez et al. (2002), a través del estudio de estrellas gigantes rojas observadas en la GNM, encontró que la pendiente del gráfico [O/Fe] versus [Fe/H], es menor en 0.2 dex<sup>1</sup> en la GNM en relación a la Galaxia Vía Láctea, así como también una menor relación entre supernovas de tipo II y tipo Ia. De manera similar, Carlos Reyes et al. (1999) encontró que la razón de abundancias C/O observada en nebulosas planetarias de la GNM, está correlacionada con el resultado del proceso de quema del carbón en la estrella progenitora, y está de acuerdo con los obtenidos previamente en modelos de estrellas AGB. Por otro lado, Pereyra et al. (2015), usando datos de polarimetría estudiaron la estructura del campo magnético en la Pequeña Nube de Magallanes (PNM), sus resultados sugieren la existencia de un campo magnético ordenado con el puente de Magallanes en dirección a la Barra de la GNM en la región Noreste; llegando a la conclusión que su campo magnético turbulento hallado, es más fuerte que las observaciones de campos estimados en galaxias espirales e irregulares.

#### **2.2.2. Internacionales**

El estudio de poblaciones estelares se ha realizado usando métodos que usan sus características cinemáticas.

---

<sup>1</sup> Dex: Variación logarítmica

Por ejemplo, se puede identificar órbitas distintas por la aplicación de un método analítico de distribución de velocidades, teniendo en cuenta al parámetro de anisotropía ( $\eta = s_R/s_{\perp}$ ) de las direcciones radial ( $s_R$ ) y transversal ( $s_{\perp}$ ); el mismo que ha sido usado en cúmulos de galaxias por Ramírez y De Souza (1998).

Merritt (1987) examinan las condiciones de contorno que el conjunto observado de posiciones y velocidades permite ubicar la distribución de materia oscura en el cúmulo de Coma, bajo la suposición de que el cúmulo es esférico y está en equilibrio. El resultado es que el perfil de velocidades de un modelo de órbita circular o radial, tiene su máximo alrededor del promedio, más que el caso de un modelo isotrópico.

En el caso específico de las Nubes de Magallanes, entre los principales avances tenemos a Egan et al. (2001) y Cioni et al. (2000, 2008); usando el "survey" 2MASS en infrarrojo, mostraron que las estrellas del Ramo Asintótico de las Gigantes (AGB) pueden separarse en dos grupos: a) las estrellas AGB de baja masa que ocupan todo el volumen proyectado de la GNM; y b) las de mayor masa (población más joven) que puebla preferiblemente la barra.

Leisy y Dennefeld (1996, 2006), muestran que los ciclos CN u ON son más efectivos con metalicidades iniciales más bajas y son siempre completas para nebulosas de tipo I. Se confirma la dificultad de separar objetos tipo I y no tipo I en el diagrama clásico de He-N/O, un problema reforzado por la variedad de composiciones iniciales para las estrellas progenitoras. Ellas presentan variaciones observadas de oxígeno, vía depleción mediante el ciclo ON en las estrellas progenitoras más masivas, o producción de oxígeno en otros objetos. Algunos objetos con abundancias iniciales muy bajas son detectados, pero en promedio, la distribución espacial de las abundancias de NPs es consistente con la

historia de formación de estrellas como derivado de las estrellas de campo en ambas nubes.

Usando datos de espectroscopía óptica y ultravioleta (UV) del telescopio espacial Hubble, Dopita et al. (1987) modeló el espectro de algunas nebulosas planetarias de la GNM e interpretó la dispersión en las abundancias de los elementos del proceso -  $\alpha$ , como siendo debido a diferencias en la masa de los núcleos de NPs, la misma que está directamente relacionada a la masa inicial de la estrella precursora. Obteniendo una relación edad – metalicidad para las NPs en la GNM. Sin embargo, cabe precisar que los datos para las estrellas centrales fueron derivados a través del modelamiento del espectro de sus nebulosas y no por observación directa de las estrellas centrales (Stanghellini et al. 2003).

## **2.2. Bases teóricas**

La formación de una estrella se inicia con el colapso gravitacional de una nube de gas, y nace como tal cuando inicia la quema de hidrógeno en su núcleo y transcurre la mayor parte de su vida en la secuencia principal. Sin embargo, al agotarse el hidrógeno en su núcleo central, la estrella se enfría y sus capas externas se expanden. Luego, pasa a la fase de gigante roja y su núcleo se contrae, aumentando la temperatura hasta que se produce la ignición del helio. Inmediatamente comienza su fase de ramo horizontal, donde el núcleo quema en dos capas (Helio: capa interna e Hidrógeno: capa externa) para producir un núcleo de elementos más pesados (carbono, nitrógeno y oxígeno). Posteriormente, cuando el helio se agota en el núcleo central, la estrella pasa a la fase de supergigante y se dilata cada vez más volviéndose inestable. Asimismo, el núcleo remanente se mantiene a una luminosidad constante y alcanza temperaturas en torno a 100 000 K. Finalmente, cuando la capa de hidrógeno se ha consumido, la estrella se enfría y pierde sus capas externas formando una nebulosa planetaria (NP); cuya duración es

aproximadamente 10 000 años. Además, el núcleo remanente deja de producir reacciones nucleares y forma una enana blanca.

Las NPs de la Nubes de Magallanes (NM) poseen baja extinción interestelar y están prácticamente a la misma distancia (GNM: 50.1 kpc, Pequeña Nube de Magallanes: 60 kpc). Además, su baja metalicidad (abundancia de elementos pesados) las hace importantes para comprender su efecto en la evolución estelar y entender las Poblaciones estelares en otras galaxias distantes.

### 2.3. Conceptual

En lo conceptual, para un cúmulo con simetría radial, la distribución de velocidades a través de la línea de vista puede ser derivada de la distribución de velocidades espaciales adoptada (Ramírez & De Souza, 2008). Luego, para la distribución de NPs en la GNM, supondremos que el parámetro de anisotropía  $\eta$  tiene un valor fijo y que consecuentemente la probabilidad de encontrar un objeto en una dada posición y velocidad está determinada por la expresión:

$$dN = nR^2 \sin\theta dR d\theta d\phi \frac{1}{(2\pi)^{3/2} s_R s_\perp^2} e^{-v_R^2/2 s_R^2 - (v_\phi^2 + v_\theta^2)/2 s_\perp^2} dv_R dv_\phi dv_\theta \quad (2.1)$$

Donde, obtenemos la distribución de densidad de velocidad de la línea de visión en la forma:

$$F(0; \eta) = \sqrt{\frac{2 + \eta^2}{6\pi(\eta^2 - 1)}} \ln(\sqrt{\eta^2 - 1} + \eta) \quad \eta^2 > 1$$

$$F(0; \eta) = \sqrt{\frac{2 + \eta^2}{6\pi(\eta^2 - 1)}} \sin^{-1}(\sqrt{1 - \eta^2}) \quad \eta^2 < 1$$

Luego, para el cálculo de la curtosis:

$$k = \frac{12}{5} \left( \frac{\eta^2 - 1}{\eta^2 + 2} \right)^2$$

Y, la desviación media o velocidad radial normalizada ( $|w| = \langle |v - \bar{v}|/s \rangle$ ):

$$|w| = \sqrt{\frac{6}{\pi(\eta^2 + 2)}} \left( \frac{\eta}{2} + \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}} \ln(\sqrt{\eta^2 - 1} + \eta) \right); \eta > 1$$

$$|w| = \sqrt{\frac{6}{\pi(\eta^2 + 2)}} \left( \frac{\eta}{2} + \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 - \eta^2}} \sin^{-1} \sqrt{1 - \eta^2} \right), \quad \eta < 1$$

#### 2.4. Definición de términos básicos

1. **Clasificación química de las nebulosas.-** Los de tipo I, definido como:  $(\text{He}/\text{H}) > 0.125$  y  $(\text{N}/\text{O}) \geq 0.5$ ; los no-tipo I no satisfacen las condiciones anteriores. También, hay otro llamado tipo i donde se cumple al menos una de las condiciones de los del tipo I.
2. **Coordenadas ecuatoriales.-** Coordenadas de posición (ascensión recta y declinación) de un objeto en la esfera celeste respecto al ecuador celeste y al equinoccio vernal.
3. **Composición química.-** Se define como la abundancia de He, C, N, O, Ne, Ar, S, etc, presente en cada nebulosa. La abundancia de helio puede verse afectada en estrellas de mayor masa debido a la nucleosíntesis en el interior estelar. Por otro lado, el indicador de la metalicidad representa la abundancia de elementos pesados como son los elementos- $\alpha$  (Ne, S, y Ar), que generalmente no sufren cambio significativo en el procesamiento de la nucleosíntesis en el interior estelar para estrellas de masa intermedia (Abundancia relativa media geométrica de Neón, Azufre y Argón).
4. **Tiempo de expansión de la nebulosa.-** Tiempo de vida de la nebulosa medido en función de su tamaño actual y la velocidad de expansión considerada libre (Cociente de radio externo y velocidad de expansión). Dónde el radio externo constituye el radio de la estructura externa de la nebulosa planetaria y la velocidad de expansión es la velocidad con la que se expande la nebulosa planetaria.



5. **Velocidad GNM.-** Velocidad promedio del centro de masa de las NPs de la GNM.
6. **Velocidad radial normalizada.-** Velocidad radial (medida a través del modelamiento del perfil de línea en su espectro de emisión) de la nebulosa corregida para el alejamiento de la galaxia GNM y relativa a su dispersión.
7. **Composición física.-** Es una propiedad de cada nebulosa planetaria, la cual incluye temperatura de la estrella central (temperatura superficial de la estrella remanente), tamaño de la nebulosa (dimensión lineal de la nebulosa obtenida por modelaje de espectro nebuloso o medida en forma directa), densidad nebulosa (densidad numérica obtenida a partir de las líneas prohibidas de [SII] y/o [OII]), flujo de energía nebulosa (energía emitida por unidad de área, por unidad de tiempo, por intervalo de longitud de onda, usualmente medida en la línea de hidrógeno).

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general

Usando las coordenadas de posición de las nebulosas, como la ascensión recta y la declinación; asimismo, calculando la velocidad radial normalizada y usando el método de distribución de velocidades en un campo gaussiano isotrópico puedo asignar los tipos de órbitas de las nebulosas planetarias en la GNM.

##### 3.1.2. Hipótesis específicas

Usando el método de distribución de velocidades en un campo gaussiano isotrópico se puede predecir la cantidad de nebulosas que poseen órbitas circulares, radiales o una combinación de ambas.

Usando la base de datos de los parámetros físicos y abundancias químicas presentes en las nebulosas de la GNM se pueden relacionar a las órbitas posibles de las nebulosas; luego, discriminar las características de las diferentes poblaciones de las nebulosas.

### **3.2. Definición conceptual de variables**

#### **3.2.1. Variable independiente: caracterización de la población**

Entre las poblaciones de objetos en la GNM se incluyen nebulosas y estrellas centrales AGB (Asyntotic Giant Branch), es decir, estrellas que dieron origen a las nebulosas planetarias.

#### **3.2.2. Variable dependiente: órbitas de las nebulosas planetarias**

Las nebulosas planetarias tienden a presentar órbitas circulares cuando su parámetro de anisotropía de una nebulosa es mayor que 0 y menor que 1 ( $\eta \in [0,1)$ ) ; y su velocidad normalizada  $|w|$  está en el intervalo de  $[0.8 - 0.76]$ . Por otro lado, presentan órbitas radiales, cuando su parámetro de anisotropía de una nebulosa es mucho mayor a 1 ( $\eta > 1$ ) y su velocidad normalizada  $|w|$  está en el intervalo de  $[0.8 - 0.69]$ . Sin embargo, una misma nebulosa planetaria cumple con ambas características (radial y circular) a la vez.

### 3.3. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICA ESTADÍSTICA
<b>Independiente</b>  Población de nebulosas planetarias	Parámetros físicos	Velocidad radial	$v_{\text{rad}}$ ó $v_{\text{LSR}}$ (km/s)	Prueba K-S Correlación lineal
		Temperatura efectiva	$T_{\text{eff}}$ (K)	Prueba K-S
		Densidad electrónica	$N_{e^-}$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	
		Flujo nebular	$F_{\text{H}\beta}$ ( $\text{Erg}/\text{cm}^2/\text{s}$ )	
	Radio nebular	$R_{\text{neb}}$ (Parsec)	Prueba K-S	
Abundancias químicas	Abundancia de He	He/H	Prueba K-S Correlación lineal	
<b>Dependiente</b>  Órbitas de las nebulosas planetarias	Tipo de órbita	Velocidad radial normalizada	$ w $	Correlación lineal
		Indicador de la metalicidad	$Z^*/H$	Prueba K-S Correlación lineal
		Tiempo de expansión	t (años)	Correlación lineal
		Distancia radial	$R_{\text{rad}}$ (Parsec)	

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo y diseño de la investigación

Esta tesis es del tipo teórico es básica porque se basa en conceptos de la mecánica celeste, y documental, ya que se extrae información de la literatura científica. Por otro lado, es cuantitativa, ya utiliza métodos estadísticos como el método de distribución de velocidades y el método de bipeso de Beers para analizar los datos recogidos de la literatura científica; y relacionar porque permite relacionar y comparar el tipo de órbita de las nebulosas planetarias a sus parámetros físicos y abundancias químicas.

Según el cronograma de actividades, los pasos se detallan a continuación:

1. Recolección de datos a través de la literatura científica y la base de datos de la Universidad de Harvard.
2. Se realizará la proyección de las coordenadas ecuatoriales (ascensión recta y declinación) y se calculará de la distancia radial proyectada para cada nebulosa.
3. Cálculo de la velocidad radial normalizada ( $|w|$ ) a través del método de distribución de velocidad en un campo gaussiano isotrópico.
4. Con un conjunto de datos de velocidades de las nebulosas se determinará la velocidad del centro de masa de la GNM ( $v_{GNM}$ ). Para ello, se utilizará el factor de corrección de bipeso, dispersión de velocidad y velocidad normalizada para cada nebulosa.
5. Se determinará de la abundancia del helio y el indicador de la metalicidad de cada nebulosa planetaria.
6. Se determinará la forma orbital (órbitas circulares, radiales y una combinación de ambas) de las nebulosas planetarias, usando la relación de velocidad normalizada y parámetro de anisotropía.
7. Se utilizaron los parámetros físicos y las abundancias químicas de las nebulosas en la GNM estudiadas, para ver su posible asociación a sus formas orbitales.
8. Se analizarán los resultados obtenidos a través de la estadística descriptiva (descripción de tablas y gráficos) y la estadística inferencial (aceptación o negación de la hipótesis del investigador); luego se contrastarán las hipótesis.

#### **4.2. Método de la investigación**

1. **Método lógico:** Se realizará la revisión bibliográfica (planteamiento del problema y marco teórico) y la recolección de datos de NPs de la GNM (diseño metodológico).

2. **Método hipotético:** Se desarrollará el trabajo de investigación respondiendo al primer objetivo específico utilizando la estadística descriptiva (resultados descriptivos y contrastación de los resultados con otros similares).
3. **Método deductivo:** Se analizarán los resultados que responderán al segundo objetivo específico mediante la estadística inferencial (resultados inferenciales, y contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados).

#### 4.3. Población y Muestra

La población que se elegirá para este estudio comprende a todas las NPs de la GNM y de estas nebulosas serán seleccionadas una muestra de 146 objetos.

#### 4.4. Lugar de estudio

Las actividades de investigación se realizarán en el Área de Astronomía y astrofísica de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional del Callao.

#### 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Los datos serán seleccionados considerando las posibles relaciones entre las distintas variables y se obtendrán de la literatura científica.

Para obtener la mayor cantidad de datos de las nebulosas planetarias de la Gran Nube de Magallanes. Primero, éstos serán ordenados por sus coordenadas ecuatoriales absolutas (ascensión recta y declinación). Luego, se colectarán las variables físicas nebulares como radio nebuloso, densidad y temperatura electrónica, velocidad LSR (Local Standard Rest), flujo nebuloso e  $n$  H-beta, velocidad de expansión, masa nebulosa, presión, clasificación de Tipo I y no-Tipo I, clase de excitación y parámetro de extinción. Posteriormente, para las variables físicas estelares se extraerá

datos únicamente de luminosidad y temperatura efectiva. Por otro lado, se recolectará las variables de abundancias químicas como helio, carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, neón y argón.

Además de obtener resultados teóricos mediante la técnica de análisis documental, donde participa los valores de las coordenadas ecuatoriales, los parámetros físicos y el cálculo de la composición química del He, Ne, Ar, S, etc (en función al oxígeno e hidrógeno), se comparan los resultados obtenidos por métodos convencionales para contrastarlo con los valores recomendados en el catálogo de astronomía VizieR.

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizarán para ubicar a las nebulosas planetarias en la esfera celeste (coordenadas en grados sexagesimales) y proyectarlas en el plano, se dispondrán de materiales como tijeras, cinta adhesiva, papel calca, regla, etc.

#### **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

Para el procesamiento y análisis de datos; primero, se elegirá el programa estadístico SPSS y Excel y los datos como - las coordenadas ecuatoriales ( $\alpha$ : ascensión recta y  $\delta$ : declinación), velocidad radial, parámetros físicos (temperatura efectiva, flujo nebuloso, densidad electrónica, velocidad de expansión, radio externo), abundancias químicas (He, Ne, Ar, S) y tipo de excitación ; segundo, se elegirá la técnica estadística su respectivo objetivo; tercero, se elegirán los tipos de gráficos para cada prueba estadística; cuarto, con la construcción de la base de datos de cada parámetro en Excel, se ordena los datos de entrada al programa (SPSS: contrastación de hipótesis); quinto, con la entrada de datos, se mostrará la salida de datos (SPSS: p-valor, z-valor y tipo de distribución; Excel: colores con su respectivo intervalo).

En la contratación de hipótesis se utilizará la prueba de correlación lineal y la prueba de kolmogorov-Smirnoff (K-S). Para ello, en la prueba de correlación lineal, se utilizará el programa SPSS y Excel; donde el tipo de

gráfico presente son los gráficos de dispersión y corresponden al segundo objetivo específico. Similarmente, en la prueba de K-S, se utiliza el programa estadístico SPSS y Excel, los tipos de gráficos presentes son los histogramas y pertenecen al primer objetivo específico.

## V. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ETAPAS	Meses							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Revisión de la bibliografía	X							
Estudiar los papers relacionados cúmulo de galaxias, análisis estadístico de Beers y el cúmulo de Coma.		X	X					
Obtención teórica de las coordenadas ecuatoriales, parámetros físicos y abundancias químicas.			X					
Cálculo de las coordenadas radiales y la distancia radial proyectada				X				
Cálculo de la velocidad radial normalizada y la velocidad GNM mediante el método estadístico adecuado					X	X		
Cálculo de la abundancia química del He y metalicidad.					X	X		
Estudio de la forma orbital de cada nebulosa planetaria.						X		
Análisis de resultados y conclusiones							X	
Redacción final y presentación de la tesis							X	X

## VI. PRESUPUESTO

RUBROS		Costo Marginal (soles)	%	Costo por rubro (soles)	%
Inversiones	Laptop	2000	13.54	3020	20.45
	Wifi	1000	6.77		
	Pizarra	20	0.14		
Administrativos	Papelería	100	0.67	1000	6.76
	Útiles de escritorio	200	1.35		
	Luz eléctrica	700	4.74		
Operacionales	Tinta de impresora	400	2.71	1750	11.84
	Empastado	100	0.67		
	Fotocopia	1250	8.46		
Servicios	Universidad	1300	8.8	1300	8.8
Otros	Transporte local	1200	8.12	5700	38.59
	Alimentación	4000	27.08		
	Imprevistos	500	3.39		
<b>TOTAL</b>		14770	100	14770	100

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beers, T. C., Flynn, K., & Gebhardt, K. (1990). Measures of location and scale for velocities in clusters of galaxies-a robust approach. *The astronomical journal*, 32-46.

Carlos Reyes, R. E. (1999). Chemical Abundances and physical Parameters of H II Regions in the Magellanic Clouds. *IAU Symposium*, 282-286.

Cioni, M. R., Bekki, K., Clementini, G., entre otros. (2008). The Magellanic Clouds as a Template for the Study of Stellar. *Astronomical society of Australia*, 121-128.



Cioni, M. R., Habing, H. J., & Israel, F. P. (2000). The morphology of the Magellanic Clouds revealed by stars of different age: results from the DENIS survey. *Astronomy and astrophysics*, L9-L12.

Dopita, M. A., Meatheringham, S. J., Wood, P. R., Ford, H. C., Webster, B. L., & Morgan, D. H. (1987). The evolution and dynamics of the Magellanic Cloud Planetary Nebulae. Obtenido de adsabs.harvard: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1987ESOC...27..571D>

Egan, M. P., Van Dyk, S. D., & Price, S. D. (2001). MSX, 2MASS, and the Large Magellanic Cloud: A combined near-and Mid-Infrared view. *The astronomical journal*, 1844-1860.

Leisy, P., & Dennefeld, M. (1996). Planetary nebulae in the Magellanic Clouds. I. Carbon abundances and Type I PNe. *Astronomy & Astrophysics*, 95-116.

Leisy, P., & Dennefeld, M. (2006). Planetary nebulae in the Magellanic Clouds. II. Abundances and element production. *Astronomy & Astrophysics*, 451-466.

Lobo Gomez, A, Magalhares, M. A., Pereyra, A., entre otros. (2015). A new optical polarization catalog for the Small Magellanic Cloud: The magnetic field structure. *The astrophysical journal*, 1-19.

Merrit, D. (1987). The distribution of dark matter in the Coma cluster. *The astrophysical journal*, 121-135.

Ramírez, A. C., & De Souza, R. (1998). Shape of the galactic orbits in clusters. *The astrophysical journal*, 693-705.

Stanghellini, L. (2003). Planetary Nebulae in the Magellanic Clouds: Probing Stellar Evolution and Populations. *IAU Symposium*, 567-574.

Smith, V., Hinkle, K., Meléndez, J. (2002). Chemical abundances in 12 red giants of the Large Magellanic Cloud from high-resolution infrared spectroscopy. *The astronomical journal*, 3241-3254.

## VIII. ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

VARIABLES	PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	METODOLOGÍA
<p><b>Variable independiente</b> Población de nebulosas planetarias.</p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad radial</li> <li>• Temperatura de la estrella central</li> <li>• Densidad nebular</li> <li>• Flujo de energía nebular</li> <li>• Tamaño de la nebulosa</li> <li>• Abundancia de He</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b> Órbitas de las nebulosas planetarias.</p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador de la metalicidad.</li> <li>• Tiempo de expansión de la nebulosa.</li> <li>• Distancia proyectada al centro de la galaxia GNM.</li> </ul>	<p><b>Problema general</b> ¿Será posible asociar a las nebulosas planetarias de la GNM, algún tipo de órbita que sea radial o circular, haciendo uso de un método estadístico?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Será posible predecir órbitas circulares, radiales o una combinación de ambas en nebulosas planetarias, usando el método de distribución de velocidades en un campo isotrópico gaussiano?</li> <li>• ¿Existirá alguna relación entre los parámetros físicos y las abundancias químicas con el tipo de órbitas presentes en la GNM?</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b> Usando las coordenadas de posición de las nebulosas, como la ascensión recta y la declinación; asimismo, calculando la velocidad radial normalizada y usando el método de distribución de velocidades en un campo gaussiano isotrópico puedo asignar los tipos de órbitas de las nebulosas planetarias en la GNM.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usando el método de distribución de velocidades en un campo gaussiano isotrópico se puede predecir la cantidad de nebulosas que poseen órbitas circulares, radiales o una combinación de ambas.</li> <li>• Usando la base de datos de los parámetros físicos y abundancias químicas presentes en las nebulosas de la GNM se pueden relacionar a las órbitas posibles de las nebulosas; luego, discriminar las características de las diferentes poblaciones de las nebulosas.</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b> Identificar las órbitas de las nebulosas planetarias para caracterizar las poblaciones de éstas en la GNM.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la cantidad de órbitas de cada nebulosa que sean, circulares, radiales o una combinación de ambas para caracterizar la población.</li> <li>• Relacionar y comparar los resultados de los parámetros físicos y las abundancias químicas a los valores de la velocidad radial normalizada.</li> </ul>	<p><b>Tipo de la investigación</b> Cuantitativa, documental, relacional y básica.</p> <p><b>Diseño de la investigación</b> Cuasiexperimental - correlacional</p> <p><b>Método</b> Lógico-hipotético-deductivo</p> <p><b>Población y muestra</b> <b>P:</b> Todas las nebulosas planetarias en la GNM <b>M:</b> 146 nebulosas planetarias</p> <p><b>Técnicas estadísticas</b> Prueba K-S y correlación lineal.</p>