

PLAN DESARROLLO ESTRATÉGICO

Núcleo de ASTROQUÍMICA y ASTROFÍSICA NAQAF

INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta el Plan de Desarrollo Estratégico del Núcleo de Astroquímica y Astrofísica (NAQAF) adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chile para el periodo 2018 – 2021. Este se elaboró mediante la participación de todos los Investigadores suscritos al NAQAF durante el período entre octubre de 2017 y enero de 2018. Lo anterior se ejecutó en sesiones conjuntas de los investigadores y presentado al Consejo General de Facultad y Consejos de Facultad analizando los ejes estratégicos y formulando propuestas de desarrollo para el horizonte 2015 – 2020.

Con el propósito de incrementar I+D+i en la Universidad Autónoma de Chile, desde el año 2010 la Universidad Autónoma a vinculado docentes-investigadores con grado académico de doctor en diferentes áreas del conocimiento. Siendo agrupados en Núcleos o centros de investigación según la especialidad. Con la resolución N°028/2018 se crea el Núcleo de Astroquímica y Astrofísica (NAQAF) suscrita a la Facultad de Ingeniería, en la misma resolución nombra a los integrantes del NAQAF: Natalia Inostroza (Universidad Autónoma), Otoniel Denis (Universidad Autónoma), Diego Mardones (Universidad de Chile), Paulina Troncoso (Universidad Autónoma), Hans Zinnecker (Universidad Autónoma), Viviana Guzmán (PUC-Observatorio ALMA) y Mauricio Gonzalez (Universidad Andrés Bello).

La astronomía deberá ser uno de los focos centrales de desarrollo científico y tecnológico dentro de los próximos 5 años, dado que como capital mundial de la astronomía en Chile contamos con el 10 % de tiempo para observación de cada telescopio.

El “**Núcleo de Astroquímica y Astrofísica**” (NAQAF) nos ayudará a hacer uso de los datos de ALMA e investigar la química en una variedad de entornos astrofísicos, incluidas las moléculas relacionadas con el origen de la vida. Proporcionará sinergia para estudiar el universo molecular utilizando cálculos ab initio combinados con tasas de colisión para interpretar las observaciones espectroscópicas junto a la aplicación de nuevos algoritmos para explorar el Universo con diversos instrumentos (ALMA, APEX, entre otros)

En Chile no existen Núcleos dedicados al desarrollo de estas disciplinas. En países desarrollados existen programas específicos para el desarrollo de capital humano avanzado en líneas de astrofísica molecular y astroquímica. Por esta razón se plantea la necesidad de crear en la Universidad Autónoma de Chile, el “**Núcleo de astroquímica y astrofísica**” (NAQAF) con la idea central de formar capital humano avanzado en esta línea de investigación. Dentro de NAQAF, contamos con una activa participación en proyectos de identificación de rasgos espectrales no conocidos en datos de ALMA, y trabajamos en colaboraciones con radioastrónomos del Observatorio Nacional de Cerro Calán de la

Universidad de Chile (Diego Mardones) así como Astrónomos del Observatorio de Burdeos, entre otros.

En **NAQAF**, proponemos combinar la química cuántica y la astronomía observacional con el desarrollo de nuevas técnicas computacionales utilizando los abundantes datos de ALMA disponibles en el nuevo Núcleo de datos de ALMA de Chile alojado en la UTFSM. El objetivo final de este Núcleo es arrojar luz sobre el origen químico de la vida mediante la búsqueda y caracterización de moléculas orgánicas complejas (COMs) en entornos astronómicos.

La importancia de estas líneas de investigación será expresada a la comunidad a través de seminarios académicos y de extensión en diversas instituciones nacionales que tengan relación con la astronomía, y la fisicoquímica.

Considerando la **VISIÓN declarada de la Facultad de Ingeniería** “*..aspira a convertirse en una unidad académica reconocida entre sus pares dentro de las diez Facultades de Ingeniería más relevantes de las universidades privadas del país, por sus aportes a la comunidad, en el ámbito de las disciplinas que cultiva, y que sus egresados sean capaces de trabajar en equipos multidisciplinarios y aporten al entorno regional y nacional en las áreas que se desempeñen.*”

Además, la Facultad declara en su plan de desarrollo como una de sus líneas estratégicas *el Promover las actividades de investigación aplicada, disciplinar y de innovación en la docencia en las carreras y unidades de la facultad, mediante la capacitación de los académicos y apoyándose en fondos concursables internos y externos, de acuerdo a las líneas de interés definidas*

Por tanto, este Núcleo declara su Visión según los siguientes los planes estratégicos de la Facultad a la cual se encuentra adscrito como así mismo a la Universidad Autónoma de Chile.

Nuestra Visión

El Núcleo de Astroquímica y Astrofísica tiene por misión ser un Núcleo de excelencia en investigación de ciencia básica y aplicada, desarrollando y demostrando en productos la generación de soluciones innovadoras con impacto en la sociedad. Formar capital humano avanzado a través de la investigación y postgrados, de tal manera de ser un aporte en la generación de soluciones efectivas para la sociedad en vinculación con organizaciones pertinentes, tanto a nivel nacional como internacional.

Las líneas de investigación que se desarrollan en el NAQAF se agrupan según la especialidad de los investigadores:

Química

Natalia Inostroza (Universidad Autónoma, UA) y Otoniel Denis (UA), Serán los expertos a cargo de desarrollar cálculos *ab initio* de la estructura molecular y tasas de colisión necesarios para estudiar las posibles rutas de formación, cinética, propiedades termodinámicas y para los parámetros espectroscópicos, esenciales para interpretar las observaciones astronómicas. Esta línea se complementará con la investigación desarrollada por Dr. Mauricio Gonzalez quien actualmente realiza su investigación postdoctoral bajo dirección de Natalia Inostroza en el desarrollo de estructuras tipo *cluster* formadoras de granos de polvo interestelares.

Astronomía

Diego Mardones (Univ. De Chile, UCh) ha trabajado extensamente en el estudio del gas denso y el polvo en regiones de formación estelar. Mardones es experto en dinámica de gases y vientos protoestelares, incluyendo trazadores de choque. Su rol en el equipo como será guiar el desarrollo técnico para futuras búsquedas observacionales, trabajar en propuestas de observación a los diversos instrumentos chilenos.

Viviana Guzmán, (Observatorio ALMA & PUC) experta en detección y análisis químico del gas molecular, primera astrónoma chilena dedicada al estudio Químico del Universo, su participación será clave para la interdisciplinariedad que este Núcleo requiere.

Paulina Troncoso (*Teaching*, Universidad Autónoma) experticia en el estudio de galaxias distantes y en análisis de datos espectroscópicos. Dada su experiencia en divulgación de la ciencia es la encargada de desarrollar y divulgar las acciones que en este Núcleo se hayan propuesto para dar visibilidad en el área a nuestra Universidad Autónoma de Chile.

Hans Zinnecker. Reconocido a nivel mundial como investigador asociado a nuestra Universidad liderando la línea de astrofísica dada su experiencia de más de 40 años de investigación en el área (H=60). También cumplirá un rol facilitando conexiones internacionales para potenciar a los investigadores asociados a la Universidad Autónoma de Chile.

Angie Allinson Barr Domínguez (*Teaching*, Universidad Autónoma, sede Temuco). Dedicada al estudio de formación estelar de estrellas binarias eclipsantes de alta masa, con el objetivo de entender los procesos de formación y evolución de galaxias. Experta en observación y análisis de datos fotométricos.

Para obtener la máxima ventaja de datos de ALMA, es necesario un enfoque multidisciplinario, combinando la experiencia del astrónomo con las observaciones de radio y las propiedades físicas esperadas de los gases emisores en diferentes escalas espaciales, con la experiencia del químico para identificar posibles portadores moleculares abundantes en las mismas regiones, informáticos para extraer y filtrar los datos masivos recopilados, y

un químico cuántico para calcular y refinar los parámetros físicos que definen cada molécula y calcular los espectros precisos en estados fundamentales y de excitación.

El Núcleo de Astroquímica y Astrofísica aspira a liderar las investigaciones en astroquímica dentro del País, incentivando el desarrollo de sus jóvenes investigadores a través de sus redes internacionales ya establecidas.

Este es el primer esfuerzo propuesto para combinar la experiencia en química cuántica con la astronomía. Nuestro objetivo es alentar a los estudiantes de química a interesarse por los problemas astrofísicos y viceversa, así mismo, alentar a los estudiantes de Ciencias de la Computación a interesarse en la aplicación de algoritmos de Ciencia de Datos a datos de astronomía a gran escala y modelos químicos. Además, utilizar el encanto de la astronomía y la informática en los niños para interesarlos en el universo químico. Nuestra combinación de astrofísica observacional con química teórica comparte aspectos como muchos de los Núcleos de investigación establecidos en el extranjero. Nuestra motivación es formar un Núcleo similar al nuevo Núcleo de Estudios Astroquímicos dirigido por Paola Caselli en el Instituto Max Planck, Alemania.

Objetivos a corto plazo

Calcular constantes espectroscópicas y tasas de colisión utilizando métodos *ab initio* de alto nivel en moléculas orgánicas complejas (COMs) y especies con S & O & N & C.

Caracterizar la composición química y la distribución de moléculas orgánicas complejas (COMs) en nubes prestelares frías, regiones de fotodisociación, discos protoplanetarios y vientos. Obtener tiempo de observación astronómica para testear los modelos teóricos desarrollados en NAQAF.

Objetivos a Largo plazo

Por medio de la observación y propuestas adjudicadas obtener un censo químico de fuentes astronómicas relevantes para este Núcleo.

Identificar trazadores químicos relevantes y sus precursores moleculares usando redes de reacción en fase de gas y en superficies de grano.

Un barrido espectral de al menos dos regiones astronómicas utilizando los radio-observatorios en Chile.

El objetivo final es obtener una visión completa y exhaustiva de la evolución química del gas molecular durante procesos de formación estelar y planetaria.

Recursos Disponibles

Utilizaremos las instalaciones computacionales del **Núcleo de astroquímica y astrofísica (NAQAF)** de la Universidad Autónoma de Chile para ejecutar cálculos de estructura molecular ab-initio. **NAQAF** de la universidad de Autónoma (UA) dispone de

computadores de alto rendimiento (\$45 millones CLP), que incluye un servidor Intel con 256 GB de RAM de 36 Núcleos de 2.3.GHz y cuatro computadoras Intel con 18 Núcleos y 256 GB de RAM cada uno.

Proyectos Adscritos al **Núcleo de astroquímica y astrofísica (NAQAF)**

- 1) Fondecyt Natalia Inostroza 11140770, Chile (2015-2018) “Formation and Destruction pathway on Interstellar Molecules”
- 2) Proyecto postdoctoral Fondecyt 2017 del Dr. Jixing Ge “Explore gas-grain chemistry in space” dirigido por Dr. Diego Mardones en la Universidad de Chile (abril de 2017 a marzo de 2020). N. Inostroza asesora del proyecto postdoctoral. El Dr. Ge será un gran aporte para este **Núcleo de astroquímica y astrofísica (NAQAF)**, brindando experiencia computacional en redes de reacción química que incluyen isotopólogos y reacciones en la superficie del grano de polvo (GGCHEM) complementando la experiencia de los miembros asociados.
- 3) Redes internacionales para jóvenes investigadores PCI-CONICYT, propuesta recientemente adjudicada por Natalia Inostroza (CL \$ 18 millones) para financiar parte de la 2da Escuela Sudamericana de Astroquímica en Santiago, octubre de 2018. Esto financiará la participación de los profesores principales. Alexander Tielens (Observatorio de Leiden), Paola Caselli (**Instituto Max-Planck**), Timothy J. Lee (**Núcleo de Investigación Ames de NASA**), José Cernicharo (**Grupo de Astrofísica de la UAM-ICCM**). Esto se complementará con la Universidad Autónoma (CL \$ 1.75 millones) para financiar la asistencia de estudiantes y jóvenes investigadores de Chile y Sudamérica.
- 4) Fondecyt de Iniciación de Otoniel Denis, No. 11160005, Chile (2016-2019).
- 5) Ecos-CONICYT Chile-Francia. Otoniel Denis en conjunto con Director CNRS Dr. Thierry Stoecklin.

SINERGIA

Combinaremos cálculos químicos Ab initio con el estudio de estructura molecular para obtener constantes espectroscópicas en conjunto con análisis de datos astronómicos para interpretar y hacer uso de ALMA entre otros.

Los miembros senior que son parte de las redes colaborativas internacionales dentro del Núcleo son líderes mundiales en: Química de regiones de formación estelar (Paola Caselli, H = 59); Espectroscopía y química en regiones de formación de estrellas y en estrellas evolucionadas (Jose Cernicharo, H = 65); Medio interestelar (Xander Tielens, H=103); Espectroscopía y cálculos ab initio altamente correlacionados (Timothy J. Lee, H=60)

PROPÓSITOS para la Sociedad

Posicionarse como un Núcleo Astroquímica y Astrofísica que aporte al desarrollo local, regional y nacional. • Promover la generación de conocimiento en todos sus niveles, tanto con recursos propios como externos. • Desarrollar una red de relaciones colaborativas y multidisciplinarias con instituciones nacionales e internacionales en pro de la generación de conocimiento y actividades relacionadas con las investigaciones desarrolladas, que contribuyan a la consolidación del Núcleo. Contribuir a la creación, preservación y difusión de las Investigaciones desarrolladas ofreciendo oportunidades de formación permanente. • Permitir y establecer transferencia tecnológica hacia agencias gubernamentales, otras instituciones de investigación e industrias.

El Núcleo de Astroquímica y Astrofísica en el marco de su misión, visión y los lineamientos institucionales de la Facultad de Ingeniería y de la Universidad Autónoma de Chile, ha establecido los siguientes propósitos:

- a. Impartir formación de calidad de pre y postgrado coherentes con el sello de la Facultad de Ingeniería y con el perfil de egreso de las respectivas carreras y programas.
- b. Desarrollar investigación en ciencias de Astroquímica y Astrofísica contribuyendo a la generación de conocimiento y a las disciplinas que el Núcleo alberga.
- c. Promover y constituirse en un espacio de encuentro, de reflexión y de generación de conocimiento y opiniones que contribuyan al desarrollo de la actividad científica en el área de la Astronomía.
- d. Promover la cultura de la calidad, del mejoramiento continuo y de la autorregulación en todo su quehacer.

Para lograr estos fines **NAQAF** ha definido los siguientes ejes para desarrollar su plan estratégico: Investigación- Docencia de Postgrado -Docencia de Pregrado- Vinculación con el medio.

OPERACIONALIZACIÓN DE LOS EJES ESTRATÉGICOS

El plan de desarrollo del NAQAF desde el 2018 a 2022 contempla incorporar Investigadores Jóvenes para potenciar las líneas de investigación de Núcleo, así como crear nuevas líneas y posicionarnos en las tres sedes de la Universidad Autónoma (Santiago, Talca y Temuco), con esto se potencia la calidad en la docencia dictada por el NAQAF ya sea en pregrado como en postgrado.

Docencia Pregrado

Fortalecer la carrera de pregrado “Ingeniería civil Informática” incentivando el desarrollo astroinformática en todas las sedes de la Universidad (Talca, Temuco, Santiago). Por medio de cursos específicos para el análisis de datos de astronomía y el uso de esos en el Observatorio Chileno Virtual CHIVO.

Docencia Postgrado

Creación de un Programa de Diplomado enfocado en innovación y nuevos negocios para el desarrollo del Turismo Astronómico y para el desarrollo de componentes en los Observatorios (espejos, por ejemplo)

Investigación

1. Impulsar la aplicación a fondos públicos de proyectos asociativos tipo ESO. EXPLORA, MECESUP, FONDEF, e INNOVA y/o consorcios universidad- empresa, en el contexto de la política institucional I+D+I de innovación e investigación aplicada.
2. Impulsar establecimiento de redes de cooperación y acceso a facilidades instrumentales con otras instituciones, Núcleos, departamentos y/o centros relacionados con las disciplinas químicas y astrofísicas.
3. Incorporación y Colaboración de académicos implicados en temáticas regionales.

Extensión y Vinculación con el Medio

1. Creación de programas de difusión permanente de actividades del Núcleo a la Comunidad, como ejemplo, el programa de Puertas abiertas del NAQAF para alumnos de Colegios, Noches de observación en diversas comunidades. Visita a Colegios con show de experimentos, participación en el programa explora de CONICYT, programas anuales de capacitación de profesores según planes educacionales del MINEDUC entre otros.
2. Incentivar actividades de Proyección interna, nacional, regional e internacional del NAQAF como, por ejemplo: participar en congresos, Workshops, charlas informativas, etc. que ayude a la difusión de su trabajo y del quehacer científico de la Universidad Autónoma de Chile.
3. Se desarrollarán al menos una actividad de extensión al año en temáticas relacionadas con el “**Núcleo de astroquímica y astrofísica**” en dependencias de la Universidad Autónoma de Chile, contribuyendo con la preparación de futuros profesionales al País. Estos cursos serán abiertos a la comunidad académica y estudiantil de postgrado y pregrado.
4. Seminarios divulgativos con destacados investigadores nacionales e internacionales para toda la comunidad académica

Actividades de Extensión

- 1) Participación en Semana de la ciencia Explora como evaluador congresos escolares EXPLORA.
- 2) Visita interactiva a colegios “ciencia para niños”
- 3) Desarrollo proyecto de Ciencia Ciudadana en temas relativos a **NAQAF**

Plan Desarrollo de **NAQAF** se desarrollarán las siguientes acciones:

Actividades Académicas

- 1) Estadías en Centros de reconocido prestigio internacional. Esta acción fortalecerá lazos con colaboradores extranjeros extendiendo y formalizando Redes de colaboración
- 2) Charlas y ponencias en congresos nacionales e internacionales.
- 3) Coloquio extensivo a toda la comunidad académica relacionada con **Astroquímica y Astrofísica**.
- 4) Intercambio de alumnos de postgrado entre **NAQAF** y pares nacionales y pares internacionales pertenecientes a nuestras redes de colaboración (Alexander Tielens (Observatorio de Leiden), Paola Caselli (Instituto Max-Planck), Timothy J. Lee (NASA, Ames research center), José Cernicharo (NUCLEO de Astrofísica de la UAM-ICCM) y Dr. Jesús Rubayo Soneira (Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Cuba), entre otros.
- 5) Realización de Workshop y/o Escuela internacional de Astroquímica" workshop - taller. Los respectivos miembros de **NAQAF** y expertos internacionales serán profesores de este workshop /escuela de astroquímica. Esta escuela en promedio beneficia cerca 25 estudiantes de postgrado en ciencias de astronomía, química, física y otras ciencias afines. Los alumnos participantes de la escuela tendrán durante una semana clases intensivas durante cada mañana por 5 días (8:30-13:00 pm) y por las tardes (14:30-17:30 pm) se realizarán talleres prácticos utilizando los principales códigos y/o programas de cada expositor.

Todas estas actividades se realizarán con el fin de desarrollar estas disciplinas en Chile para dar a conocer esta potente y necesaria línea de investigación entre estudiantes de ASTRONOMIA EN AMERICA LATINA.