



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
Unidad Iztapalapa

Dr. José Raúl Montes de Oca Machorro  
Jefe del Departamento  
División de Ciencias Básicas e Ingeniería

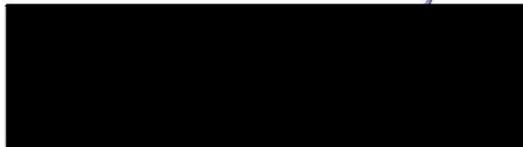
**C.B.I.MAT.055.2024**  
13 de mayo, 2024

**Dr. Román Linares Romero**  
**Presidente del Consejo Divisional**  
**División de Ciencias Básicas e Ingeniería**  
**P r e s e n t e**

Por medio del presente me permito solicitar, se incluya en el Orden del Día de la próxima Sesión del Consejo Divisional, el proyecto **“Interacciones entre topología, álgebra y categorías”**, que presenta la **Dra. Martha Lizbeth Shaid Sandoval Miranda (42349)**.

Agradeciendo la atención a la presente, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que requiera al respecto.

**A t e n t a m e n t e**  
**“Casa Abierta al Tiempo”**



Anexo:           Constancia.  
                  Carta de aprobación del proyecto.  
                  Proyecto de investigación.

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco, Núm. 186, Col. Leyes de Reforma 1 A Sección, Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09310, Ciudad de México.

Tels. [Redacted]

[Redacted] @xanum.uam.mx, [www.izt.uam.mx](http://www.izt.uam.mx)

---

PROYECTOS DE  
INVESTIGACIÓN POR PERSONAL ACADÉMICO DE INGRESO RECIENTE  
DIRECCIÓN DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN, UAM

---

PROYECTO  
INTERACCIONES ENTRE  
TOPOLOGÍA, ÁLGEBRA Y CATEGORÍAS

Responsable del Proyecto

**Dra. Martha Lizbeth Shaid Sandoval Miranda,**  
Área Académica de Álgebra  
Departamento de Matemáticas  
División de Ciencias Básicas e Ingeniería,  
Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Iztapalapa, CDMX  
<https://sites.google.com/izt.uam.mx/marlisha>  
[REDACTED]@xanum.uam.mx

---

Palabras clave:

*álgebra, categorías, topología sin puntos, retículas, Proyecto de la DAI*

---

Colaboradores participantes en el Proyecto

**Dr. Rogelio Fernández-Alonso González**  
Departamento de Matemáticas  
División de Ciencias Básicas e Ingeniería,  
Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Iztapalapa, CDMX  
[REDACTED]@xanum.uam.mx

**Dra. Janeth Anabelle Magaña Zapata**  
Departamento de Ciencias Básicas,  
División de Ciencias Básicas,  
Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Azcapotzalco, CDMX  
[REDACTED]@azc.uam.mx

**Dr. Valente Santiago Vargas,**  
Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias,  
Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX  
[REDACTED]@ciencias.unam.mx

**Dr. Luis Ángel Zaldívar Corichi,**  
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías,  
Universidad de Guadalajara, Jalisco  
[REDACTED]@academicos.udg.mx

---

## Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Planteamiento del problema</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Presentación de los objetivos</b>	<b>5</b>
3.1	Objetivos generales . . . . .	5
3.2	Objetivos matemáticos focalizados . . . . .	5
3.3	Objetivos de impacto social . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Metas y estrategias</b>	<b>6</b>
4.1	Metodología general de la investigación . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Resultados esperados en la propuesta</b>	<b>7</b>
5.1	Resultados esperados en general . . . . .	7
5.2	Productos esperados . . . . .	7
5.3	Impacto en científico-social . . . . .	8
5.4	Formación de recursos . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Plan de Trabajo/Programa de actividades a tres años</b>	<b>8</b>
6.1	Programa de actividades que se realizarán en cada etapa del proyecto . . . . .	8
<b>7</b>	<b>Responsable y participantes en la propuesta del proyecto</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>Resumen de la propuesta general de presupuesto</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Estrategias para obtener recursos adicionales, en su caso.</b>	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>13</b>

---

# 1 Introducción

En el estudio de estructuras algebraicas tales como los anillos y módulos, se buscan técnicas adecuadas para clasificarlos, describir categorías de módulos; así como también, aquellas que permitan estudiar estructuras geométricas, algebraicas y espacios topológicos asociados a estos. En décadas recientes se han introducido varias técnicas de estudio para analizar las categorías de módulos sobre un anillo (no necesariamente conmutativo); y las posibles generalizaciones de sus propiedades.

Además, se han propuesto varias teorías que pueden explicar de manera concisa la interacción de entes topológico-geométricos. Por ejemplo, la construcción del espectro primo de un anillo conmutativo. Recordemos que la construcción del espectro primo se realiza a través de los ideales primos y la topología solo está indicada sobre los ideales usuales del anillo; sin embargo, esta construcción se puede llevar a cabo usando la aplicación de la teoría de la topología sin-puntos (*point free topology*) y de la teoría de marcos y locales para adjuntar espacios topológicos a un módulo dado, ver [39], [40], [37],[26].

En este proyecto de investigación se esperan explorar de manera rigurosa técnicas provenientes de la teoría de categorías y de la teoría de retículas, particularmente, de la topología sin-puntos. Desarrollaremos las siguientes líneas de trabajo, en temas previamente iniciados de investigación. Estos son:

## (1) Técnicas de topología sin-puntos y reticulares en módulos.

Dado  $M$  un módulo sobre  $R$ , un anillo asociativo con uno, en [14], J. Beachy introduce un producto en los submódulos de  $M$ , Esto ha permitido trasladar nociones clásicas de anillos al caso de módulos como lo son anuladores izquierdos, submódulos primos y semiprimos.

En [15, Proposición 1.3] se probó que los submódulos totalmente invariantes de un módulo forman un *cuantál*, noción aplicada a esta investigación en teoría de módulos por primera vez en [28], por M.L.S. Sandoval-Miranda, L. A. Zaldivar y M. Medina. De hecho, siguiendo la serie de trabajos que se han realizado, [28], [29], [30] y [31]. Se han explorado las ideas de la *topología sin-puntos* como en [38] pero con sus aplicaciones para módulos. Uno de los resultados que se ha probado es que el conjunto de submódulos semiprimos es un marco<sup>1</sup> ([28, Proposición 4.27]), esto generaliza el resultado clásico del teorema de los ceros de Hilbert donde se demuestra que para un anillo conmutativo los ideales radicales están en correspondencia biyectiva con los abiertos del espectro de Zariski. A su vez se introduce un nuevo espectro para módulos que generaliza el espectro de Zariski para un anillo [28, Sección 4].

## (2) Técnicas categóricas en prerradicales, recollements y teorías de torsión.

Siguiremos la filosofía de M. Auslander y B. Mitchell, al estudiar a las categorías como *anillos con varios objetos* (ver por ejemplo, [6] y [32]), se ha logrado demostrar que una gran cantidad de resultados en teoría de módulos sobre anillos no conmutativos, siguen

<sup>1</sup>Diremos que una retícula  $A$  es distributiva si para todo  $a \in A$  y  $b, c \in A$  se satisface que  $a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$ . (Equivalentemente,  $a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$ .) Decimos que  $A$  es un marco si para todo  $a \in A$  y  $X \subseteq A$ , se satisface que  $a \wedge \bigvee X = \bigvee \{a \wedge x \mid x \in X\}$ .

siendo válidos en el contexto de anillos con varios objetos. Este punto de vista ha permitido obtener resultados de nociones tales como radical de una categoría aditiva, anillos perfectos y semisimples, dimensiones globales etc, en el contexto de anillos con varios objetos (ver [19], [20], [21], [22], [23], [24]).

Ahora bien, recordemos que un preradical  $r$  en la categoría  $R - Mod$  es un subfunctor  $r : R - Mod \rightarrow R - Mod$  del funtor identidad  $1_{R - Mod}$ ; y  $R - pr$ , la clase de todos los preradicales está parcialmente ordenada si se define el orden parcial:  $r_1 \preceq r_2$  si y solo si  $r_1(M) \leq r_2(M)$  para cada  $M \in R - Mod$ . Más aún, con este orden, resulta ser una gran retícula completa, atómica, coatómica, modular, superiormente continua y pseudocomplementada.

En la década de 1980, F. Raggi y J. Ríos comenzaron sus estudios sobre la retícula de teorías de torsión hereditarias. Posteriormente, R. Fernández-Alonso, F. Raggi, J. Ríos, H. Rincón and C. Signoret iniciaron el estudio de la gran retícula de preradicales, denotada  $R - pr$ . En 2016, R. Fernández-Alonso, J. Magaña, publicaron el trabajo *Galois connections between lattices of preradicals induced by adjoint pairs between categories of modules* ([16]), donde los autores demuestran que cada par de funtores adjuntos entre categorías de módulos induce una conexión de Galois entre las correspondientes grandes retículas de preradicales.

Nos interesa investigar la noción de *recollement* y explorar de qué manera podemos estudiar conexiones de Galois que inducen los funtores adjuntos en esta situación. En [35] se demuestra que ciertos recollements están en correspondencia con teorías de torsión Jansianas y como es sabido estas están determinadas por un ideal puro. En [13] se muestra que estos ideales forman un marco y de hecho se tienen generalizaciones de este ([28],[30] y [31]), lo que ahora se quiere ver es las relaciones con los recollements y obtener nuevas formas de clasificarlos mediante la espacialidad del marco de ideales puros.

## 2 Planteamiento del problema

En [3, Proposition 3.2.2]), se demuestra que para cualquier subobjeto  $X$  de una categoría abeliana de Grothendieck,  $\mathcal{G}$ , se satisfaga que  $\mathcal{L}_{\mathcal{G}(X)}$ , el conjunto de subobjetos de  $X$ , junto con el orden dado por la relación de "subobjeto", resulta ser una retícula completa, modular y superiormente continua; esto es, un *idioma*, término dado por Harold Simmons a las retículas que satisfacen estas tres condiciones.

Resultado de la investigación de F. Raggi, J. Ríos, R. Fernández-Alonso, R. Rincón y C. Signoret, durante décadas se han obtenido interesantes resultados del estudio del "gran idioma" de preradicales en la categoría de módulos.

Así, podemos ver que en el caso de las categorías de módulos sobre un anillo unitario; y de manera más generalizada, para una categoría abeliana de Grothendieck, la teoría de retículas y la teoría de categorías están profundamente conectadas. Y desde esta perspectiva, el término *idioma* toma mayor sentido; ya que estas pueden ser vistas como una "externalización", traslación al contexto reticular, de las propiedades que cumple el idioma de submódulos de un módulo dado; y entonces obtener una noción "relativa" de condiciones conocidas en la búsqueda de nuevos resultados, en nuevos contextos de trabajo.

Con todo ello presente, nos planteamos dar respuesta a los siguientes planteamientos:

- Estudiar el marco de localizaciones de un anillo  $R$  y condiciones bajo las cuales este marco es isomorfo a los abiertos de un espacio topológico  $X$ .
- Generalizar estos resultados a las categorías de funtores sobre una categoría preaditiva  $\mathcal{C}$ .
- Construir ejemplos concretos de marcos asociados a ciertos anillos con propiedades deseables, (por ejemplo los definidos por polinomios).
- Estudiar conexiones de Galois en categorías de funtores y la noción de "recollement", en categorías de funtores.

Esta investigación se realizará teniendo como responsable a Martha Lizbeth Shaid Sandoval Miranda (Departamento de Matemáticas, UAM-Iztapalapa), con la participación de colaboradores de distintas unidades e instituciones: Janeth Magaña Zapata (UAM-Azcapotzalco); Rogelio Fernández-Alonso (UAM-Iztapalapa); Valente Santiago (Facultad de Ciencias, UNAM); Luis Ángel Zaldívar Corichi (CUCEI, Universidad de Guadalajara).

### 3 Presentación de los objetivos

En esta sección presentamos los objetivos que engloban este proyecto.

#### 3.1 Objetivos generales

1. Profundizar en el estudio de categorías de módulos sobre anillos y álgebras con el enfoque de teoría de categorías, la teoría de retículas y de la topología sin puntos para obtener posibles generalizaciones
2. Para ello, trabajaremos en las líneas de investigación previamente mencionadas, que permitan sinergias entre investigadores, instituciones y estudiantes mexicanos interesados en estos temas de álgebra, para que estas sean aún más visibles.

#### 3.2 Objetivos matemáticos focalizados

- Estudiar desde el punto de vista categórico, reticular y de la topología sin puntos las propiedades algebraicas y geométricas del espectro primo de un anillo en el caso conmutativo para dar generalizaciones al caso no conmutativo y de módulos.
- Introducir en estudio de los recollements en el estudio de prerradicales y conexiones de Galois.

#### 3.3 Objetivos de impacto social

- Introducir a los estudiantes de licenciatura y posgrado interesados en el álgebra de manera natural a los temas avanzados de investigación en los distintos campos de trabajo de este proyecto.
- Generación de material escrito (libros y notas) derivados de los seminarios de estudio e investigación.

- Incluir las ideas de jóvenes investigadores a estas áreas de álgebra con mayor tradición en México para generar nuevas perspectivas en el desarrollo del álgebra con una visión internacional

## 4 Metas y estrategias

Estableceremos la siguiente estrategia global para abordar el tema planteado en esta investigación:

Estableceremos la siguiente estrategia global para abordar el tema planteado en esta investigación:

### (1) *Técnicas de topología sin-puntos y reticulares en módulos*

Aplicar la teoría de retículas al estudio de anillos y sus módulos, en las distintas vertientes que pretendemos en esta investigación, comprenden tres pasos:

- (a) Trasladar o bien formular un resultado (o problema) dado en teoría de módulos a un contexto donde se trabaje con retículas (o ciertas estructuras algebraicas enriquecidas).
- (b) Investigar las propiedades y resultados (o problemas) obtenidos ahora en el contexto reticular,
- (c) Regresar a las bases, al contexto dado (módulos, anillos, etc.).

### (2) *Técnicas categóricas en preradicales, recollements y teorías de torsión,*

Es bien conocido que la categoría de módulos sobre un anillo es equivalente a la categoría de funtores aditivos de la categoría con un solo objeto a la categoría de grupos abelianos. Esto nos da la convicción de que muchos resultados que se valen para módulos sobre un anillo son válidos para categorías de funtores. Con esto en mano, se piensa reemplazar un morfismo de anillos  $\varphi : R \rightarrow S$  por su análogo categórico y entonces trabajar con epimorfismos de anillos pero en el contexto de categorías aditivas. De esta manera se pueden producir recollements construyendo adjuntos al funtor cambio de anillo y estamos seguros que en nuestro caso de categorías aditivas también se produzcan recollements con propiedades muy similares a cuando tenemos morfismos de anillos. Para esto se utilizarán técnicas de homología en el contexto de anillos con varios objetos desarrollado por Barry Mitchell.

## 4.1 Metodología general de la investigación

Además de lo anterior, para realizar la investigación que proponemos, en cada una de ellas realizaremos lo siguiente:

- Revisión bibliográfica exhaustiva en los temas de las líneas de investigación del proyecto.
- Descubrimiento de posibles propiedades en los ejemplos.
- Reuniones de investigación y uso de las nuevas tecnologías tales como: videoconferencias (Zoom, Meet), chats en internet, correos electrónicos; para la discusión de demostraciones y resultados en general.

- 
- Seminarios de investigación virtuales y presenciales (cuando sea posible).
  - Preparación de publicaciones preliminares internas de las universidades y de artículos de investigación que serán enviados a revistas internacionales.
  - Presentación de resultados en seminarios internos y congresos especializados nacionales e internacionales (virtuales y/o presenciales).

## 5 Resultados esperados en la propuesta

### 5.1 Resultados esperados en general

Siguiendo la metodología de investigación antes mencionada, se esperan obtener resultados en una primera etapa de 12 meses; en espera de que los resultados e informe permitan obtener la continuidad del proyecto por 12 meses más, dando un total de 24 meses.

- Esperamos ver que el marco de localizaciones de un anillo  $R$  es isomorfo al marco de un abierto de un espacio topológico, también se espera calcular ejemplos que ilustren los resultados obtenidos acerca de tales marcos.
- Obtener generalizaciones del resultados obtenido por Fernandez-Alonso y Magaña-Zapata, de conexiones de Galois en prerradicales inducidas por adjunciones entre categorías de módulos, pero ahora en la categoría de abelianas y aditivas, tales como las de funtores.
- Esperamos que los resultados en esta etapa produzcan algunas soluciones parciales a las preguntas planteadas en la sección 2.

### 5.2 Productos esperados

- Generación de dos artículos de investigación, al menos en las versiones de preimpresiones.
- Redacción y envío de al menos un artículo de divulgación sobre alguno de los temas de investigación de la propuesta.
- Serie de vídeos de las sesiones de los seminario virtuales interinstitucional que sean generados.
- Presentación de los resultados de la investigación en eventos académicos nacionales y/o internacionales.
- Formación de recursos (estudiantes de licenciatura y posgrado)
- Generación de notas de temas de estudio e investigación generadas de los seminarios de investigación y estudio con los participantes del proyecto.
- Taller en los temas de la propuesta para estudiantes.

### 5.3 Impacto en científico-social

Dado que en el proyecto estarán participantes de tres instituciones (UAM, UNAM y UdG), y considerando la experiencia que los participantes del proyecto tienen en la generación de actividades de difusión de las matemáticas, tanto virtuales como presenciales; se crearán estrategias conjuntas con colegas en instituciones de las instituciones donde estén adscritos para llevarles cursos y pláticas que le permitan a la comunidad estudiantil y académica estar incluidos en el conocimiento de los temas básicos y avanzados de álgebra y de aquellos que están relacionados con este proyecto.

### 5.4 Formación de recursos

Se espera que durante el proyecto los estudiantes de licenciatura y posgrado que se encuentren bajo la dirección de los participantes del proyecto, tengan la oportunidad de presentar sus avances proyectos de investigación; y en su caso, exponer sus proyectos concluidos en las "Tardes de Café y Álgebra", seminario del área de álgebra de la UAM, organizado desde 2019 por la responsable de esta propuesta.

De obtener este proyecto, la responsable del proyecto espera poder apoyar con recursos de este (becas y/o viáticos) a los estudiantes de licenciatura y posgrado que tenga bajo su cargo durante la vigencia del proyecto.

## 6 Plan de Trabajo/Programa de actividades a tres años

En caso de que el proyecto sea aprobado, se realizará el siguiente programa de actividades en una primera etapa de 12 meses; en espera de que los resultados e informe sean positivos y permitan obtener la continuidad del proyecto por 12 meses más, y obtener un total de 24 meses de proyecto, como marca la convocatoria emitida por la DAI.

Este proyecto, se espera poder extender a 36 meses, a través de convocatorias que permitan obtener recursos adicionales.

### 6.1 Programa de actividades que se realizarán en cada etapa del proyecto

- Colaboración de investigación con los participantes que están en la UNAM y la UAM través de seminarios presenciales y en línea. En el caso del CUCEI de la Universidad de Guadalajara, con los colegas de UNAM y UAM, las sesiones de trabajo se realizarán virtualmente.
- Realización de actividades itinerantes y de estancias cortas de una semana en las universidades de Guadalajara, en el CUCEI de la Universidad de Guadalajara, para actividades de colaboración de trabajo con L. A. Záldivar; y el grupo de álgebra que recientemente se formó en dicho centro.
- Realización de una estancia de investigación con colegas en el extranjero, por algunos de los participantes del proyecto.

- Asistencia a congresos nacionales y/o internacionales especializados del área, para presentar los avances obtenidos.
- Participación en el Congreso de la Sociedad Matemática Mexicana (virtual o presencial) como expositores y organizadores de sesiones propuestas.
- Visitas de trabajo a las instituciones en provincia donde están adscritos los participantes del proyecto.
- Recibir la visita de colegas extranjeros para realizar colaboración y asesoría en temas de investigación.
- Conclusión de la redacción de los trabajos resultantes de este proyecto, para ser enviados a revisión a alguna revista indexada de arbitraje internacional.

## 7 Responsable y participantes en la propuesta del proyecto

Esta investigación se realizará teniendo como responsable a Martha Lizbeth Shaid Sandoval Miranda (Departamento de Matemáticas, UAM-Iztapalapa), con la participación de colaboradores de distintas instituciones: UAM-Azcapotzalco (Janeth Magaña Zapata); UAM-Iztapalapa ((Rogelio Fernández-Alonso); Valente Santiago (Facultad de Ciencias, UNAM); Luis Ángel Zaldívar Corichi (CUCEI, Universidad de Guadalajara).

Brevemente, podemos destacar los perfiles de los participantes en este proyecto, con el propósito de hacer notar su compromiso con la investigación, docencia y divulgación de las matemáticas; y que se podrá reflejar en el logro de los objetivos y metas propuestas en este proyecto.

- **Dra. Martha Lizbeth Shaid Sandoval Miranda (UAM-I, Responsable ):** Investigadora **SNI 1** y **Reconocimiento de Perfil PRODEP**. Se doctoró en 2016 en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Durante su carrera como estudiante de licenciatura y posgrado, ha obtenido Becas de distintas instituciones como una **Beca Santander Universia** otorgada en conjunto con ECOES y ANUIES; Becas de Verano de la Investigación Científica por la Academia Mexicana de Ciencias; de maestría y doctorado por CONACYT; y una **Distinción Sofía Kovalevskaja** que otorga la Sociedad Matemática Mexicana. En 2017 obtuvo una Beca del Ministerio de Educación de la República de Argentina para realizar una estancia corta de investigación; y en ese mismo año obtuvo una **Beca Fulbright-García Robles** para realizar una estancia postdoctoral en Center of Rings and Its Applications, con sede en Ohio University, Estados Unidos. En 2018 se incorporó como Profesora Visitante del Área de Álgebra del Departamento de Matemáticas de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Unidad Iztapalapa. En mayo de 2022, obtuvo la definitividad como Profesora Asociada de Tiempo Completo de dicha institución.

Sus áreas de interés son: Teoría de anillos, módulos y álgebras; Teoría de retículas, Teoría de Categorías y Álgebra; Álgebra homológica.

- **Dr. Rogelio Fernández-Alonso González, (UAM-I, participante):** Investigador **SNI 2**. El Dr. Rogelio Fernández Alonso González es Profesor Titular de Carrera Nivel C

de Tiempo Completo adscrito al Departamento de Matemáticas de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

Experto en temas en teoría de categorías, prerradicales; y con una amplia labor en la docencia y gestión académica en su institución. Actualmente difundiendo temas de álgebra en medios virtuales con el canal de YouTube "AL GABR".

- **Dra. Dra. Janeth Anabelle Magaña Zapata, (UAM-A, participante):** La Dra. Janeth Anabelle Magaña Zapata es Profesora Asociada de Carrera Nivel D de Tiempo Completo adscrita en el Departamento de Ciencias Básicas de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Beca Soka Kovalevskaia: Ganadora del apoyo financiero complementario para el desarrollo de la investigación en México. Octubre de 2014.

Además de actividades de docencia e investigación, realiza actividades de difusión y divulgación en matemáticas actualmente se realizan de manera coordinada con más colegas. Colabora con la responsable del proyecto en varias actividades de divulgación y es parte del comité organizador de las actividades del "Día Internacional de las Matemáticas" en la UAM.

Su área de investigación es álgebra: Teoría de módulos y categorías. Durante el proyecto se abordarán temas de Conexiones de Galois y Prerradicales en los que la participante tiene artículos publicados.

- **Dr. Luis Ángel Zaldívar Corichi (CUCEI-UdG, participante):** Investigador SNI 1. Obtuvo el grado de doctor en ciencias matemáticas en el 2015 por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. En 2017 obtuvo una **Beca Fulbright-García Robles**, otorgada por COMEXUS, para realizar una estancia de investigación en New Mexico State University, en Estados Unidos. En 2018 se incorporó como profesor visitante de tiempo completo en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara. Desde el 2019 a la fecha es profesor titular A del mismo departamento.

Sus áreas de investigación son las categorías de módulos, la topología sin puntos y todas las interacciones entre estas.

- **Dr. Valente Santiago Vargas (UNAM, participante):** Investigador SNI 2. Obtuvo el grado de doctor de ciencias matemáticas en 2012 por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ha obtenido reconocimientos de la comunidad matemática tales como **Medalla Gabino Barreda** por mejor promedio en la UNAM; y mención honorífica al Premio Sotero Prieto, en 2017. En 2014 realizó una estancia postdoctoral de un año en Australian National University (ANU); y a partir de 2015 se incorporó al Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la UNAM, como profesor asociado de tiempo completo. A partir de enero de 2020, es profesor titular definitivo en la misma institución.

Sus áreas de interés son: Teoría de representaciones de álgebras; Teoría de Categorías y Álgebra homológica.

## 8 Resumen de la propuesta general de presupuesto

En las siguiente tablas, 2, desglosamos la justificación del presupuesto solicitado para este proyecto: un monto total de 130,000.

Propuesta General del Presupuesto del Proyecto	
Rubro	Monto
<b>Actividades de difusión</b> <i>Se planea realizar en las instituciones de los participantes del proyecto y en las responsable del mismo, actividades de difusión de las matemáticas relacionadas con el proyecto y la apropiación social del conocimiento.</i>	10,000
<b>Cuotas de inscripción</b> <i>Se cubrirán las cuotas de inscripción de eventos académicos y congresos, para participantes y/o estudiantes relacionados con el proyecto.</i>	5,000
<b>Estancias técnico-académicas para participantes y visitantes</b> <i>Se cubrirán gastos de pasajes, hospedaje y alimentación que sean necesarias para la realización de estancia(s) académica(s) para que los participantes del proyecto y visitantes puedan interactuar presencialmente tanto en las colaboraciones de trabajo relacionadas con el proyecto como con el asesoramiento e interacción con los estudiantes, tesistas y comunidad matemática de la institución receptora para la estancia.</i>	30,000
<b>Organización de seminarios y/o talleres</b> <i>Se planea realizar actividades principalmente dirigidas a los estudiantes, tales como seminarios de investigación itinerantes. Se planea crear dos eventos presenciales de avances de investigación con colegas participantes en el proyecto en espacios que nuestra institución tenga disponibles.</i>	10,000
<b>Viáticos y Pasajes</b> <i>Pago de viáticos, pasajes, gastos de hospedaje y alimentación para los participantes y posibles becarios que se tengan en este proyecto.</i>	30,000
<b>Becas en proyecto</b> <i>En esta etapa apoyaremos estudiantes de licenciatura y posgrado para que realicen sus tesis en temas relacionados en las líneas de investigación de este proyecto.</i>	30,000
<b>Equipo de Computo</b> <i>Se adquirirá equipo de computo que podrá ser, laptop portátil o tablet que pueda ser utilizado para que los estudiantes para realizar trabajos digitales y computacionales requeridos para este proyecto.</i>	15,000
<b>Monto Total Solicitado</b>	130,000

Table 1:

<b>Desglose del Presupuesto Solicitado</b>	
<b>Rubro</b>	<b>Monto Solicitado</b>
<b>Gasto Corriente</b>	
Actividades de difusión	10,000
Cuotas de inscripción a congresos	5,000
Estancias técnico-académicas para participantes y visitantes	30,000
Organización de seminarios y/o talleres	10,000
Viáticos y pasajes nacionales	10,000
Viáticos y pasajes al extranjero	20,000
Becas y/o apoyo a estudiantes en el proyecto	30,000
<b>Gasto de Inversión</b>	
Equipo de Computo	15,000
<b>Total</b>	<b>130,000</b>

Table 2:

## 9 Estrategias para obtener recursos adicionales, en su caso.

Obsérvese que en caso de requerir financiamiento adicional para la continuidad y realización del proyecto; la responsable del proyecto, estará atenta a las convocatorias de proyectos divisionales de investigación en su unidad de adscripción; así como de las convocatorias de CONAHCYT y resultados de las propuestas de proyectos en los que también ha aplicado previamente a esta convocatoria; y de aquellas a las que aplique en el periodo de espera de resultados de la convocatoria de estos proyectos.

## 10 Bibliografía

- 
- [1] Abualrub, T., Siap, I.: Cyclic codes over the rings  $\mathbb{Z}_2 + u\mathbb{Z}_2$  and  $\mathbb{Z}_2 + u\mathbb{Z}_2 + u^2\mathbb{Z}_2$ . *Des. Codes Crypt.* 42, 273–287 (2007).
- 
- [2] Alahmadi, A., Soboui, H., Sole, P., Yemen, O.: Cyclic codes over  $M_2(\mathbb{F}_2)$ . *J. Franklin Inst.* 350, 2837–2847 (2013).
- 
- [3] T. Albu, *Topics in Lattice Theory with Applications to Rings, Modules and Categories Lecture Notes, Escola de Algebra, XXIII Brazilian Algebra Meeting, Maringá, Paraná, Brasil, 2014, 80 pages.*
- 
- [4] A. Alvarado-García, C. Cejudo-Castilla, I. f. Vilchis-Montalvo. *Parainjectivity, paraprojectivity and artinian principal ideal rings*. *Journal of Algebra and its Applications* this link is disabled, 2019, 18(4), 1950063.
- 
- [5] A. Alvarado-García, A., C. Cejudo-Castilla, H.A. Rincón-Mejía, I.F. Vilchis-Montalvo, M.G. Zorrilla. *On QF rings and artinian principal ideal rings*. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 2019, 48(1), pp. 67–74.
- 
- [6] M. Auslander. *Representation Theory of Artin Algebras I*. *Comm. in Algebra* 1(3), 177–268 (1974).
- 
- [7] F. Ávila. *The frame of the p-adic numbers*. *Topology and its Applications*, 273, 106977 (2020).
- [8] P. Aydogdu. S. López Permouth, M. L. S. Sandoval-Miranda. *On the weak injectivity profile of a ring*. *Bull. Malays. Math. Sci. Soc.* (2021) 44:35-53.
- 
- [9] P. Aydogdu. S. López Permouth. *An alternative perspective on injectivity of modules*. *J. Algebra* 338 (2011), 207–219.
- 
- [10] J. Beachy, “*M-Injective Modules and Prime M-Ideals*”, *Communications in Algebra*, 30:10, 4649–4676 (2002).
- 
- [11] Blackford, T.: Negacyclic codes over  $\mathbb{Z}_4$  of even length. *IEEE Trans. Inform. Theory* 49, 1417–1424 (2003).
-

- 
- [12] Bonnetcaze, A., Udaya, P.: Cyclic codes and self-dual codes over  $F_2 + uF_2$ . *IEEE Trans. Inform. Theory* 45, 1250–1255 (1999).
- 
- [13] Borceux, F., Simmons, H., van den Bossche, G. (1984). A Sheaf Representation for Modules with Applications to Gelfand Rings. *Proceedings of the London Mathematical Society*, s3-48(2), 230–246. <https://doi.org/10.1112/plms/s3-48.2.230>
- 
- [14] L. Bican , P. Jambor , T. Kepka , P. Němec “*Prime and coprime modules*”, *Fundamenta Mathematicae*, 107:33-44 (1980).
- 
- [15] J. Castro, J. Ríos “Prime Submodules and Local Gabriel Correspondence in  $\sigma[M]$  ”, *Communications in Algebra*, 40:1, 213-232 (2012).
- 
- [16] R. Fernández-Alonso, J. Magana. *Galois connections between lattices of preradicals induced by adjoint pairs between categories of modules*. *Appl. Categ. Structures* 24 (2016), no. 3, 241?268.
- 
- [17] R. Fernandez-Alonso, Janeth Magaña. Galois connections between lattices of preradicals induced by ring epimorphisms. *Journal of Algebra and Its Applications*. Vol. 19, No. 03, 2050045 (2020).
- 
- [18] B. Ganter, G. Stumme, R. Wille. *Formal Concept Analysis: Foundations and Applications*. Springer Science Business Media, (2005).
- 
- [19] M. Harada. *On perfect categories I*. *Osaka J. Math.* 10, 329-341 (1973).
- 
- [20] M. Harada. *On perfect categories II: Hereditary categories*. *Osaka J. Math.* 10, 343-355 (1973).
- 
- [21] M. Harada. *On perfect categories III: Hereditary and QF-3 Categories*. *Osaka J. Math.* 10, 357-367 (1973).
- 
- [22] M. Harada. *On perfect categories IV :Quasi-Frobenius Categories*. *Osaka J. Math.* 10, 585-596 (1973).
- 
- [23] R. Hartshorne. *Coherent functors*. *Adv. in Math.* 140 (1), 44-94, (1998).
-

- 
- [24] H. Holm. *Modules with Cosupport and Injective Functors*. *Algebr Represent Theor* 13, 543-560 (2010).
- 
- [25] Kim, J.L., Ohk, D.E. DNA codes over two noncommutative rings of order four. *J. Appl. Math. Comput.* 68, 2015-2038 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12190-021-01598-7>
- 
- [26] P. Johnstone, *Stone Spaces*, Cambridge studies in advanced mathematics **3**, London, (1992).
- 
- [27] Sergio R. López-Permouth and José E. Simental, *Characterizing rings in terms of the extent of the injectivity and projectivity of their modules*, *Journal of Algebra* **362** (2012), 56 – 69.
- 
- [28] M. G. Medina-Bárceñas, M.L.S. Sandoval-Miranda, L.A Zaldivar-Corichi. *A generalization of quantales with applications to modules and rings*. *J. Pure Appl. Algebra* 220 (2016), no. 5, 1837?1857.
- 
- [29] M. G. Medina-Bárceñas, M.L.S. Sandoval-Miranda, L.A Zaldivar-Corichi. *Attaching topological spaces to a module (I): Sobriety and spatiality*. *J. Pure Appl. Algebra* 222 (2018), no. 5, 1026?1048.
- 
- [30] M. G. Medina-Bárceñas, M.L.S. Sandoval-Miranda, L.A Zaldivar-Corichi. *On strongly harmonic and Gelfand modules*. *Communications in Algebra*. Accepted 18 Nov 2019, Published online: 21 Jan 2020. [doi.org/10.1080/00927872.2019.1710167](https://doi.org/10.1080/00927872.2019.1710167)
- 
- [31] M. G. Medina-Bárceñas, M.L.S. Sandoval-Miranda, L.A Zaldivar-Corichi. *On the Morgan's law for modules*. Arxiv: 2003. 05607v1.
- 
- [32] B. Mitchell. *Rings with several objects*. *Adv. in Math.* Vol. 8, 1-161 (1972).
- 
- [33] M. Ortíz, M.L.S. Sandoval-Miranda, V. Santiago. *Gabriel localization in functor categories*. Preprint arxiv: 2001. 03820v1
- 
- [34] Popescu, Nicolae. *Abelian categories with applications to rings and modules*. (No Title) (1973).
- 
- [35] C. Psaroudakis, J. Vitoria. *Recollements of module categories*. *J. Appl. Categor. Struc.* 22, 579-593 (2014).
- 
- [36] F. Raggi, J. Ríos, H. Rincón, R. Fernández-Alonso, C. Signoret, “*Prime and Irreducible Preradicals*”, *J. Algebra Appl.*, Vol. 4, No. 4, 451-466. (2005).
-

- 
- [37] J. Ríos M. M. Medina, and A. Zaldivar, “On some operators and dimensions in meet-continuous modular lattices”. submitted, (2015).
- 
- [38] K. I. Rosenthal, *Quantales and their applications*. (1990).
- 
- [39] H. Simmons. “Near Discreteness of modules and spaces measured by Gabriel and Cantor”. *J. Pure and Applied Algebra*, **56** 119-162 (1989).
- 
- [40] H. Simmons. *A decomposition theory for complete modular meet-continuous lattices*”. *Algebra Universalis*, **64**, 349-377 (2011).
- 
- [41] H. Simmons. *A lattice theoretic analysis of a result due to Hopkins and Levitzki*. available at <http://www.cs.man.ac.uk/~hsimmons>.
- 
- [42] Sobhani, R. Cyclic codes over a non-commutative finite chain ring. *Cryptogr. Commun.* 10, 519–530 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12095-017-0238-5>
- 
- [43] S. E. Toksoy, *Modules with minimal copure-injectivity domain*. *J. Algebra Appl.*, 18(11) (2019) 1950201.
- 
- [44] Stack Project. Chapter 15: More Algebra. <https://stacks.math.columbia.edu/tag/09XD>
- 
- [45] P. A. Guil Asensio, A. K. Srivastava, *MacWilliams extending conditions and quasi-Frobenius rings*. *Journal of Algebra* 605 (2022) 394–40.
- 
- [46] The Formal Concept Analysis (Homepage: <http://www.upriss.org.uk/fca/fca.html>)
-