

CONSEJO INTERNO

Dr. Gerardo Carrasco Núñez
Presidente

Dra. Lucía Capra Pedol
Secretaría

Dr. Luis Mariano Cerca Martínez
Responsable del
Posgrado Entidad CGEO

Dr. Gilles Rene Pierre Levresse
Representante ante el CTIC

Lic. Teresa Soledad Medina Malagón
Representante de
Técnicos Académicos

Dr. Vlad Constantin Manea
Representante Área Geofísica

Dr. Luca Ferrari
Representante Área Geología

Dr. Luigi Augusto Solari
Representante Área Geoquímica

PLAN DE DESARROLLO

2014-2018

Dr. Gerardo Carrasco Núñez
Director, Centro de Geociencias, UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México
Campus Juriquilla

CONTENIDO

PLAN DE DESARROLLO 2014-2018

Introducción.

Misión.

I. Diagnóstico.

I.1 Evolución del Centro de Geociencias, situación actual e indicadores.

I.2 Las geociencias en el contexto nacional.

I.3 Fortalezas y debilidades.

I.3.1 Fortalezas.

I.3.2 Debilidades.

II. Plan Estratégico.

II. 1 Investigación.

II.1.1 Objetivos.

II.1.2 Prioridades.

II.1.3 Metas.

II.1.3.1 Líneas de investigación.

II.1.3.2 Grupos de Investigación.

II.1.4 Indicadores.

II.2 Formación de Recursos Humanos.

II.2.1 Objetivos generales.

II.2.2 Objetivos particulares.

II.2.2.1 Licenciatura.

II.2.2.2 Posgrado.

II.2.3 Metas.

II.2.3.1 Licenciatura.

II.2.3.2 Posgrado.

II.2.3.3 Programas extracurriculares.

II.2.4 Indicadores y actores involucrados.

II.3 Difusión y Divulgación científica.

II.3.1 Objetivos.

II.3.2 Metas.

II.3.3 Indicadores.

II.4 Gobierno y Administración.

II.4.1 Objetivos.

II.4.2 Metas.

II.4.3 Indicadores.

II.5 Infraestructura.

II.5.1 Objetivos y Prioridades.

II.5.2 Metas.

II.5.3 Indicadores.

CONTENIDO
(continuación)

PLAN DE DESARROLLO 2014-2018

III. Prospectiva y Visión.

III.1 Visión.

III.2 Objetivos generales.

III.3 Objetivos particulares y retos.

III.4 Áreas de Oportunidad.

III.5 Recursos necesarios.

III.5.1 Personal Académico.

III.5.1.1 Investigadores.

III.5.1.2 Técnicos Académicos.

III.5.1.3 Otras oportunidades.

III.5.2 Personal Administrativo.

III.5.3 Infraestructura.

Laboratorios nuevos.

Acondicionamiento de Laboratorios (en proceso).

Nuevos espacios y adecuaciones.

III.5.4 Planta vehicular.

INTRODUCCIÓN.

Los retos que se presentan a futuro son grandes y muy variados, y para afrontarlos deben tomarse acciones inmediatas para evitar que los efectos de esos problemas lleguen a alcanzar situaciones irremediables. Considerando este panorama, el Centro de Geociencias debe asumir un papel más activo con acciones que permitan revertir esas tendencias, con elementos científicos para reducir su impacto, no solo a nivel local y regional, sino también en el ámbito nacional e internacional.

El Plan de Desarrollo 2014-2018 para el Centro de Geociencias (CGEO) tiene la finalidad de definir el rumbo que deberá seguir el Centro en los próximos años, y está basado en el diagnóstico del trabajo realizado en los últimos años y en las estrategias que se consideran más adecuadas para lograr un fortalecimiento y consolidación integral de las actividades sustantivas del Centro y de la Universidad, como son la realización de investigación científica de excelencia, la formación de recursos humanos del más alto nivel académico, una amplia difusión del conocimiento a todos los niveles de la sociedad, y una estrecha vinculación con los sectores académicos, productivos y sociales que permitan hacer del Centro de Geociencias una institución de excelencia, líder a nivel regional y e internacional.

Para la elaboración de este Plan se consideraron como base las propuestas del plan de trabajo hechas por su actual director, así como propuestas adicionales realizadas tanto por los candidatos que participaron en el proceso de elección, como las expuestas por el personal académico durante ese proceso, así como la propuestas por los integrantes del Consejo Interno y las derivadas de la consulta con los académicos tanto por cada una de las áreas del conocimiento del Centro, como a través de la consulta a través del Colegio del Personal Académico del Centro, a fin de incluir el consenso de las principales propuestas de todos los integrantes del Centro de Geociencias. Cabe mencionar que los planteamientos expresados en éste plan se encuentran en concordancia con los puntos principales plasmados en el Plan de Desarrollo 2011-2015, propuesto por el Sr. Rector de la UNAM durante su gestión actual.

El plan de Desarrollo para el CGEO está estructurado en 3 capítulos principales que contienen: I) un Diagnóstico que incluye una breve descripción de la evolución del Centro de Geociencias desde su formación, la situación actual y los principales indicadores que lo caracterizan, así como sus principales fortalezas y debilidades; II) un Plan Estratégico que describe los objetivos, prioridades y metas a seguir en las diferentes tareas de investigación, formación de recursos humanos, difusión y divulgación científicas, vinculación con los sectores educativos y productivos del país y del mundo; gestión y administración de recursos y servicios para los próximos años, así como las principales acciones a seguir para el logro de esos objetivos planteados; III) una Prospectiva y Visión a futuro del Centro de Geociencias en cuanto a lo que se espera obtener en los próximos años.

MISIÓN DEL CENTRO DE GEOCIENCIAS

Realizar investigación científica de calidad, tanto de tipo básico como aplicado, en áreas estratégicas de las Geociencias, que contribuya a un mejor conocimiento del territorio nacional, al aprovechamiento de sus recursos naturales y a la protección del medio ambiente, formar recursos humanos de alto nivel y difundir el conocimiento de las Geociencias.

I. DIAGNÓSTICO.

I.1 Evolución del Centro de Geociencias, situación actual e indicadores.

Durante el periodo de vida del Centro de Geociencias (2002-2014) se ha observado un crecimiento general tanto en el número de académicos como en su productividad, formación de recursos humanos y difusión científica. La planta académica ha aumentado de 27 a 37 investigadores, y de 11 a 16 técnicos académicos, para un total de 53 académicos. En cuanto a categoría y nivel de los Investigadores, los Titulares A se han mantenido en un número de 10, los Titulares B aumentaron de 6 a 14 y los Titulares C pasaron de 2 a 10 al 2014. En cuanto a los Técnicos Académicos, se observa un aumento en los Titulares de 2 a 6 (A), de 2 a 4 (B) y de 1 a 3 (C), con los correspondientes ajustes en los demás niveles. Aunque el porcentaje de investigadores pertenecientes al SNI ha disminuido del 92 al 84%, en números absolutos, los investigadores han aumentado de 25 a 31, mientras que los técnicos académicos aumentaron de tres a cinco. En el periodo 2002-2014, el número de investigadores del Nivel III aumentó de cero a cinco y de siete a 15 para el nivel II, aunque disminuyó de 15 a 14 para el nivel I y de cinco a uno como candidato. Por lo que respecta al PRIDE, actualmente todos los académicos pertenecen a ese programa, la mayoría se encuentra en los niveles D (15) y C (24), con fluctuaciones en los demás niveles.

La edad promedio de los académicos para el 2014 es de 53 años (55-Investigadores y 48-Técnicos Académicos). El progresivo envejecimiento de la planta académica se ve reflejado en una disminución 23 a 15 %, en los investigadores menores de 40 años, mientras que el porcentaje de investigadores mayores a 60 años, se ha incrementado de 3 a 9 %.

Actualmente el Centro cuenta con 37 Investigadores, 16 Técnicos Académicos, 2 profesores visitantes, 8 posdoctorantes, 32 trabajadores administrativos y 85 estudiantes registrados (58 son residentes, tanto de nivel posgrado (44) como de licenciatura (14)), que en conjunto integran una comunidad de 180 personas. Actualmente el 86 % de los Investigadores y el 81 % de los Técnicos Académicos son definitivos.

Durante el periodo 2002-2014 se registra un incremento sostenido en el número publicaciones totales, con máximos en los años 2008 (93) y 2011 (99). Por lo que respecta a artículos publicados en revistas incluidas en el

ScienceCitationIndex se observa un incremento de 19 (2002) a 61 (2013), valor que representa un máximo, con una relación alta con respecto al número de publicaciones totales (73 %) para el 2013. El factor de impacto promedio de las revistas indizadas fue de 2.8 para el 2012, con un valor máximo de 4 para el 2007, y de hasta 6 para el 2013. A lo largo del periodo 2002-2014 el número de citas por año se han incrementado considerablemente de 47 a 734 para el 2013, los artículos más citados han alcanzado más de 150 citas en total.

El número de publicaciones por investigador ha aumentado de 1.5 (2002) a 2.3 (2013), y considerando solo las publicaciones en revistas del *SCI*, se observa también un incremento considerable desde 0.7 a 1.6 para el 2013, y en promedio por quinquenios de 1.1 (2002-2003) a 1.5 (2009-2013). Se observa que aproximadamente el 50% de los investigadores está por arriba de estos promedios. El factor H de los investigadores se ha incrementado con un promedio de 2.8 a 8.3 para el 2013, variando de un mínimo de 1 a un máximo de 20.

Durante el periodo 2010-2014, se obtuvo un valor máximo de publicaciones indizadas *SCI* de 62. El número de publicaciones por investigador por año se incrementó hasta en 1.68 (1.51 en promedio), superior al promedio histórico (1.31), y cercano al promedio actual del Subsistema de la Investigación Científica (SIC), de 1.74, pero arriba del promedio para el áreas de las Geociencias e Ingenierías del Subsistema (1.28). El número de citas para los investigadores (SCOPUS) ha ido en aumento de manera sistemática, de 812 (2010) a 1358 (2013).

En lo que respecta a Formación de Recursos Humanos, en el periodo 2002-2013 se ha logrado un incremento importante en la matrícula del Posgrado en Ciencias de la Tierra, desde 13 en el 2002 hasta 75 para el 2014, manteniéndose desde el 2005 de manera constante y repartida de manera equivalente entre estudiantes de maestría y de doctorado. El promedio de los tiempos de titulación ha sido de 3.9 para el programa de maestría y de 4.7 para el doctorado. Se han graduado 214 estudiantes: 52-doctorado, 76-maestría y 86-licenciatura, que arrojan un promedio anual de 4.3, 6.3 y 7.2, para cada nivel. Actualmente se ofrece un promedio de 20 cursos semestrales en el marco del Programa de Maestría del Posgrado en Ciencias de la Tierra, y de entre 4 y 5 cursos a otros posgrados fuera de la UNAM, mientras que en la Licenciatura en Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ciencias, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI-FC) se imparten hasta 10 cursos semestrales. La mayoría de los estudiantes que se inscriben al Posgrado en Ciencias de la Tierra proviene de diferentes estados de la República Mexicana y alrededor de un 20% proviene del extranjero, en mayor medida de Colombia.

El número de estudiantes graduados por investigador más alto para licenciatura es de 0.264 y para maestría es de 0.181, en el quinquenio 2009-2013, mientras que para el doctorado es de 0.18, para el quinquenio 2004-2008. El promedio de formación de doctores para todo el periodo (2002-2014) es de 0.123 por investigador por año. La mayoría de los egresados del Posgrado en Ciencias de la Tierra se ha especializado en el área de la Geología (43%), y los demás se distribuyen en partes iguales entre las áreas de Geoquímica y Geofísica.

1.2 Las geociencias en el contexto nacional.

En México existen aproximadamente 1,200 investigadores dedicados a las Ciencias de la Tierra, de los cuales 37 pertenecen al CGEO, lo que representa un 3%. Al 2013, 860 investigadores pertenecen al SNI, 36 pertenecen al CGEO, 31 son investigadores y 5 técnicos académicos (3.6-4.2 %), de los 72 con SNI nivel III, 5 son del CGEO. Esos investigadores se concentran principalmente en la UNAM (37%), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), 9%, Instituto Politécnico Nacional (IPN), 6%, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), 4%, entre otras. En el contexto nacional, en mayor o menor medida se desarrollan en la mayor parte del centro y norte del país, con excepción de los estados de Durango, Sinaloa y Nayarit, así como en la región sur y sureste del país.

En cuanto a publicaciones del periodo 2002-2012 (3,214), según datos del CONACyT (2011-2012), se tiene un promedio anual de 292, de las cuales 46 son del CGEO, lo que constituye un 16 %, a pesar de constituir tan solo el 3-4 % de los investigadores del país. Por otra parte, existe un número limitado de posgrados en Ciencias de la Tierra en México, además de la UNAM, existen escuelas en las siguientes instituciones: Universidad Autónoma de Nuevo León, Maestría y Doctorado; CICESE, Baja California, Maestría y Doctorado; IPN, Maestría; Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Maestría; y Universidad de Sonora, Maestría.



1.3 Fortalezas y debilidades.

1.3.1 Fortalezas.

El CGEO está constituido por un grupo multidisciplinario, multinacional con una diversidad temática, conceptual y metodológica muy amplia que permite abordar una variedad de problemas científicos ambiciosos, que paralelamente inciden en nuevos esquemas de vinculación, y contribuyen a la solución de problemas específicos. Ello ha permitido integrar un grupo consolidado con el 92% de investigadores titulares, siendo 10 de ellos Titulares C. La libre asociación debido a la organización por áreas de investigación (Geofísica, Geología y Geoquímica) ha permitido integrar varios grupos multidisciplinarios de investigación en áreas fundamentales y estratégicas del Centro.

La investigación que se desarrolla en el CGEO es de alta calidad, siendo un referente a nivel tanto nacional regional e internacional. Ésta presenta un balance entre investigación básica de calidad y estudios aplicados orientados a la solución de las necesidades del país.

El CGEO es un importante polo de atracción para estudiantes de licenciatura de diferentes universidades estatales, así como de estudiantes de posgrado tanto nacionales como extranjeros, contribuyendo a la formación de recursos humanos de alta calidad, lo cual queda reflejado en la incorporación de los egresados en los sectores académicos y productivos del país y fuera de él.

Cuenta con una infraestructura analítica sólida y de clase mundial. En el CGEO existen varios laboratorios de primer nivel, entre los que destaca el Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI), uno de los laboratorios más modernos y mejor equipados que da soporte a numerosas investigaciones de frontera. Asimismo, en el CGEO se desarrollan numerosos proyectos y actividades de vinculación que contribuyen a la generación de ingresos extraordinarios para la operación adecuada del Centro.

Finalmente, en el CGEO se desarrolla una intensa actividad en los diversos programas de Difusión y actividades de Divulgación, lo cual permite tener una mayor visibilidad en el ámbito local y regional.

1.3.2 Debilidades.

Una de las principales debilidades del CGEO es la heterogeneidad en la producción científica, ya que mientras existen académicos con una alta productividad, se encuentran otros cuya producción primaria es escasa. Por otro lado, el sistema académico promueve la formulación de proyectos a corto plazo y de índole individual, lo que inhibe la articulación de propuestas de grupo de mayor envergadura, de naturaleza multidisciplinaria. Por otra parte, es importante señalar que la participación institucional por parte de los académicos es muy variable, pero en términos generales, se considera muy limitada a acciones estrictamente necesarias, hace falta incentivar una mayor participación en

Una necesidad histórica es la creación de nuevas plazas, tanto para cubrir ciertos campos de la investigación geocientífica en áreas prioritarias, como en lo que respecta a plazas de técnicos académicos para fortalecer laboratorios (tanto los existentes como los que se encuentran en proceso de formación), talleres y áreas de apoyo a la investigación, ya que en la actualidad, la relación investigador/técnico es de tan solo 0.4. El personal administrativo resulta insuficiente para satisfacer la creciente demanda de apoyo académico, ya que se cuenta solo con 2 plazas de confianza asignadas a la Secretaría Administrativa.

El presupuesto operativo asignado al CGEO resulta insuficiente para satisfacer la creciente demanda de recursos para solventar los gastos de operación indispensables para el adecuado funcionamiento del Centro, lo que crea la necesidad de generar recursos extraordinarios externos. Para hacer frente a esa situación se hace necesaria la creación de una plaza de vinculación, que no existe hasta el momento.

Por lo que respecta a la formación de recursos humanos, se presenta un número reducido de graduados, particularmente a nivel de doctorado. Asimismo, el número de aspirantes al doctorado en particular no ha crecido con el tiempo, lo que crea una fuerte preocupación sobre la preparación de geocientíficos de alto nivel en el futuro.

Los procesos administrativos requieren ser más eficientes ya que involucran mucha burocracia, que no favorece una operación efectiva de los procedimientos administrativos, por lo que hay que migrar a formas más creativas y eficientes.

Hace falta lograr una mayor interacción con otras entidades de la región, particularmente con otros centros de investigación, agencias gubernamentales y empresas privadas, tanto dentro como fuera de la UNAM. La carencia de una área específica de vinculación académica ha frenado el desarrollo de estrategias abiertas que faciliten una interacción más efectiva con los sectores antes citados.

II. PLAN ESTRATÉGICO.

A pesar de los logros alcanzados por el CGEO en materia de integración de grupos multidisciplinarios, productividad, infra-estructura, difusión y divulgación científicas, etc., existe el reto de superar todas estas acciones y de fortalecer algunas áreas para llegar a niveles superiores, en particular en lo que respecta a: investigación multidisciplinaria, formación de recursos humanos de alto nivel, vinculación más efectiva de la investigación con diferentes sectores, particularmente en áreas de impacto económico y social, participación institucional más activa, administración más eficiente, infraestructura (mayores espacios y reforzamiento de laboratorios, renovación de vehículos), comunicación remota más eficiente para docencia e investigación, generación de recursos extraordinarios, mayor impacto regional.



El Plan Estratégico para cumplir con los puntos antes citados está diseñado en 5 ejes rectores que comprenden: 1) Investigación, 2) Formación de Recursos Humanos, 3) Difusión y Divulgación Científicas, 4) Gobierno y Administración e 5) Infraestructura. En cada uno de ellos se describen los objetivos, prioridades, metas e indicadores que integran el núcleo de éste Plan.

II. 1 Investigación.

II.1.1 Objetivos.

A continuación se describen los objetivos principales que se pretenden alcanzar en materia de investigación para los próximos años:

A) Aprovechar la diversidad de áreas científicas que se desarrollan en el CGEO para abordar nuevos proyectos multidisciplinarios en temas de frontera, que incidan en esquemas novedosos de vinculación y que, de manera paralela, contribuyan a un mejor entendimiento del sistema terrestre y a la vez incidan en la solución de problemas regionales y nacionales. En lo particular se trabajará en proyectos estratégicos existentes enlistados en el apartado de prioridades y se buscarán nuevas oportunidades dentro de los diferentes esquemas ofrecidos por CONACYT (Fondos sectoriales, fondos mixtos y nuevas convocatorias).

B) Fomentar condiciones favorables que permitan una mayor interacción entre académicos mediante acciones concretas como la organización de seminarios temáticos (por ejemplo: avances del conocimiento sobre el origen de las provincias geológicas de México: Golfo de California, Golfo de México, Cinturón Volcánico Mexicano, métodos geocronológicos, etc.), mesas redondas de discusión (reforma energética, aprovechamiento y conservación del agua, peligros geológicos, etc.) foros académicos (proponer sede de congresos académicos), etc., que permitan un mayor intercambio de ideas y propuestas de posibles colaboraciones (día del café, reuniones del Colegio del Personal Académico, etc.), que a su vez

conduzcan a la integración de grupos de trabajo o propuestas de creación de nuevas líneas de investigación, o bien la consolidación de las ya existentes.

C) Promover el desarrollo de proyectos estratégicos de impacto económico y social, incluyendo la prevención de desastres (Atlas de riesgos, Servicio Vulcanológico Nacional, sistemas de monitoreo y alerta de emergencias, redes sísmicas, riesgo geológico, hundimientos en áreas urbanas, etc.), la exploración de recursos energéticos (proyecto SENER- hidrocarburos; Consorcio CeMie-Geotermia como fuente alterna de energía, proyectos con PEMEX, CFE,), las investigaciones geomédicas (factores geológicos que afectan la salud), etc., la protección del medio ambiente (contaminación de agua y suelo: proyectos con CONAGUA, cambio climático, reservas paleontológicas, geositios), el geoturismo (proyectos con la Secretaría de Turismo de los Estados), los fechamientos paleomagnéticos y magnetismo ambiental, fechamiento por el método de U/Th, análisis fractal de rocas, etc.

D) Reforzar acciones de vinculación con instituciones de educación superior e investigación, dentro de la propia Universidad, para hacer un uso más eficiente de sus recursos, aprovechando al máximo sus capacidades y su experiencia. Se deberán explorar nuevas interacciones con los sectores productivos (empresas mineras, y agencias gubernamentales de diferentes niveles (PEMEX, CFE, CONAGUA, etc.), esperando conseguir resultados de mayor impacto que puedan trascender en diferentes ámbitos tanto locales, como nacionales e incluso internacionales. Asimismo, deben explorarse nuevas oportunidades con enfoques multidisciplinarios y modernos, que abarquen desde los actuales esquemas de redes de investigación tanto en grandes proyectos de ciencia básica hasta proyectos aplicados en áreas prioritarias y estratégicas para el país, como son: la gestión sustentable del agua (CONAGUA, CEA), los recursos energéticos tanto convencionales (petróleo) como alternativos (geotermia), los recursos minerales, la contaminación de agua, aire y suelo, los peligros geológicos y antropogénicos, etc. Para ello será importante considerar nuevos esquemas de financiamiento que permitan apoyar los programas académicos y el crecimiento de la infraestructura y de la planta académica. Explorar y participar en el nuevo programa de redes temáticas de CONACYT.

E) Revisar criterios de evaluación, enfatizando la importancia de productos primarios desarrollados en el área de las geociencias como con mapas geológicos y geofísicos, guías de excursiones, establecimiento de redes de monitoreo, etc., de manera que queden incorporados con una ponderación adecuada.

II.1.2 Prioridades.

A) *Mantener el liderazgo a nivel nacional logrado en algunas áreas de investigación fortaleciendo las capacidades analíticas, metodológicas y conceptuales, en las siguientes áreas:*

- Fechamiento de cristales sencillos y microanálisis por medio de ablación laser.
- Análisis geoquímicos de isótopos (ICPMS-MC Neptune Plus).
- Geodinámica computacional.
- Modelado analógico de procesos geológicos (deformación, intrusión etc.)

- Modelos de provincias geológicas de México: Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre Occidental, Golfo de México y Golfo de California.
- Geomagnetismo y relaciones Sol-Tierra

B) Consolidar algunas áreas estratégicas para llegar a ser líderes a nivel regional, mediante la integración de grupos de investigación y redes temáticas en los siguientes temas:

- Geofluidos corticales y yacimientos minerales.
- Recursos energéticos: Exploración petrolera (migración de fluidos) y geotérmica. Investigaciones sobre permeabilidad y petrofísica de yacimientos.
- Peligros geológicos: sismos, volcanes, hundimientos en áreas urbanas.
- Disponibilidad de recursos hídricos y su conservación.
- Estudios ambientales sobre factores de riesgo en la salud por contaminación de agua, aire y suelo.

C) Posicionarse como líderes o alcanzar una participación destacada en Proyectos Estratégicos de Investigación y en áreas emergentes, como con los siguientes:

- Proyectos sobre Modelos de Evolución de Provincias Geológicas: Golfo de California y Golfo de México.
- Proyecto multiinstitucional: Carta Tectónica de México-Instituto de Geología.
- Proyecto CONACYT-SENER-Hidrocarburos, proyecto sobre las condiciones de porosidad en yacimientos petroleros.
- Proyecto CONACYT-SENER-Energías Renovables-CeMie-Geo (Fondo de Sustentabilidad Energética), proyecto integral de exploración geotérmica.
- Proyecto *Digital Geosciences*(con los Institutos de Geografía y Geología)
- Proyecto *Laboratorio Nacional de Visualización Avanzada* (proyecto conjunto con Instituto de Neurobiología (INB), Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA), Facultad de Ingeniería, Centro de Alta Tecnología (CAT-FI), Laboratorio Internacional de Genoma Humano) y la Universidad Autónoma de Querétaro.
- Investigaciones Geomédicas en colaboración con el Instituto de Investigaciones Biomédicas (UNAM), Institutos del Sector Salud (p.ej. Cancerología, Enfermedades Respiratorias, Unidad de Proyectos Especiales en Apoyo a la Investigación y la Docencia (UPEID), Centro de Ciencias de la Complejidad.
- Sinergias con otras dependencias: Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES)-León: Licenciatura en Ciencias Agro-genómicas/ Licenciatura en Ciencias de la Sostenibilidad (en proceso).

D) Ampliar las capacidades analíticas del CGEO y fortalecer los laboratorios ya existentes.

- Laboratorio de Geocronología (en proceso)- Migración a Laboratorio Nacional de Geocronología.
- Laboratorio de Microtomografía de rayos X (en proceso).
- Laboratorio de Estudios Isotópicos (fortalecer técnicas novedosas como U/Th)

E) Fortalecer la vinculación con diferentes sectores: académico, productivo y social.

- Incorporación a diversas Redes de Investigación Nacional – CONACYT.
Agua, Energía, Medio Ambiente, Recursos Minerales, GPS.
- Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Peligros Naturales (Sismos, volcanes, deslizamientos). Atlas de Riesgos.
- Fortalecer colaboraciones con Universidades locales, regionales y nacionales:
Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), Universidad de Guanajuato (UG).
- UNAM: Institutos de Geología, Geofísica, Geografía, Biomédicas, Ecología, Biología, Centros de Geografía Ambiental, Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco), etc.

II.1.3 Metas.

Se proponen metas particulares en lo referente a las líneas de investigación, a la conformación de los grupos de investigación, como se describe a continuación:



II.1.3.1 Líneas de investigación.

Revisar las líneas de investigación vigentes en el CGEO e identificar posibles áreas emergentes que tengan el potencial para alcanzar su consolidación en el mediano plazo, impulsando el desarrollo de nuevos esquemas que permitan una más estrecha interacción entre los académicos de las diferentes líneas de investigación. Se considerarán las nuevas vertientes que han surgido en el último periodo, analizando su incorporación o modificando la estructura de las líneas ya existentes, o bien,

creando nuevas áreas emergentes, si fuera el caso.

A continuación se presenta una breve descripción del contenido de cada línea de investigación.

1. Procesos geodinámicos de la litósfera.

La Geodinámica es una rama de la Geología que trata de los agentes o fuerzas que intervienen en los procesos dinámicos de la Tierra. Esta línea de investigación atiende los procesos físicos, sus causas y consecuencias, que ocurren en la litósfera, particularmente pero no restringida a problemas de nuestro país. Los investigadores de esta línea utilizan

como herramienta de estudio fenómenos naturales que ocurren en la Tierra, como vulcanismo, fenómenos eléctricos, sismos, para el estudio de procesos tales como la subducción y el fallamiento. También se desarrollan modelados numéricos en 2D, 3D y 3D+Tiempo de procesos geodinámicos (estructura térmica de las zonas de subducción, estudio de la ruptura de placas en subducción, viscosidad de la cuña del manto, plumas del manto, etc.) y paleo-reconstrucción de placas tectónicas, lo que se ha denominado como Geodinámica Computacional.

2. Estructura y deformación de la corteza terrestre.

En esta línea de investigación se realizan estudios multidisciplinarios que permiten determinar la estructura de la corteza terrestre, las deformaciones a las que ha sido sujeta a lo largo del tiempo geológico y su estado de actividad actual, debido tanto a agentes internos como externos. Los estudios dentro de esta línea abarcan diversas disciplinas, desde geología de campo, métodos petrográficos, geoquímicos, isotópicos, sismología y métodos potenciales, y determinaciones de propiedades mecánicas en laboratorio. Estos estudios hacen posible la reconstrucción de la historia geológica desde el más remoto pasado hasta el presente. Los estudios experimentales ya sean analógicos, matemáticos o numéricos, permiten determinar la geometría, cinemática y dinámica de los procesos geológicos, y de las estructuras generadas por ellos. Se realizan investigaciones sobre la influencia de la reología de los materiales durante las deformaciones de la corteza. El monitoreo de sismicidad local atiende las zonas sísmicas alejadas a la trinchera mesoamericana, además de que permite establecer niveles de sismicidad y recurrencia, proponer modelos unidimensionales de velocidades y hacer estimaciones de factores de atenuación de energía, leyes de magnitud, así como definir la geometría de fuentes sismogénicas.

3. Estratigrafía y evolución de las provincias geológicas de México.

En esta línea se analiza e interpreta la historia y evolución de las provincias geológicas de México con base en los principios y métodos estratigráficos, apoyándose en técnicas afines a la sismología, sismotectónica, paleomagnetismo, paleontología y geoquímica de isótopos. El análisis se fundamenta en investigaciones sistemáticas acerca de la composición, mineralogía, fauna fósil, estructura (geometría), paleogeografía, historias secuenciales de acumulación y de deformación, génesis y edades isotópicas – en una o más fases minerales – de todo tipo rocas y depósitos de materiales terrestres sin consolidar.

4. Evolución de centros volcánicos de México.

Esta línea está enfocada al estudio del origen y evolución de la actividad volcánica en México, en volcanes tanto activos como inactivos, así como en la comprensión de los procesos volcánicos. Su objetivo principal es la reconstrucción de la historia eruptiva de los volcanes mexicanos (estilo eruptivo y periodo de recurrencia), tipo y alcance de los eventos eruptivos, edad absoluta y procesos magmáticos. Se estudian todo tipo de volcanes, desde conos cineríticos y volcanes tipo maar, hasta domos, estratovolcanes, volcanes compuestos y calderas, en distintas regiones de México.

Las metodologías de trabajo incluyen estudios de vulcanología física (estratigrafía de los depósitos, análisis sedimentológicos y de facies), análisis morfo-estructural y modelado analógico de la deformación observada, geoquímica, geocronología, y procesamiento de imágenes de satélite para áreas activas (análisis espacio-temporal de la

actividad). En particular, los estudios realizados en volcanes activos están enfocados a la evaluación del peligro asociado.

5. Procesos magmáticos y metamórficos, y su relación con la tectónica de placas.

Esta línea se enfoca al estudio del origen de las rocas ígneas y metamórficas utilizando una gran variedad de enfoques: estratigráficos, estructural, vulcanológicos, petrológicos, geoquímicos, geocronológicos, etc. En particular, estas investigaciones buscan encontrar la influencia de la tectónica de placas en la petrogénesis, utilizando herramientas geoquímicas, con implicaciones directas hacia la comprensión del ciclo petrológico de la tierra a lo largo de su historia. Este campo de investigación es multidisciplinario, y utiliza de igual forma las herramientas de la geología clásica como los instrumentos analíticos más sofisticados del Centro. Las técnicas microanalíticas empleadas permiten determinar los parámetros físico-químicos que intervienen durante estos procesos en la litósfera, tales como temperatura, presión, fugacidad de oxígeno, diferenciación, etc. Información, que una vez integrada, proporciona los elementos para poder reconstruir los equilibrios minerales y la evolución magmática, metamórfica y tectónica de las rocas de la corteza terrestre.

6. Geosistemas ambientales.

Esta línea de investigación comprende una amplia variedad de enfoques de los sistemas terrestres que tienen un impacto en el medio ambiente. Mediante la aplicación de diversas disciplinas como la geología, geofísica y geoquímica, se estudian las interacciones Hombre-Tierra, en particular los procesos terrestres que afectan el bienestar humano, y los efectos de la actividad humana sobre ciclos geológicos, geofísicos y geoquímicos naturales. Se investigan los procesos de contaminación ambiental en la interacción suelo-roca, aire y agua. El estudio integral de las aguas subterráneas ha recibido particular atención dada la importancia que representa como recurso prioritario a futuro.

En los últimos años en el CGEO se han desarrollado varios proyectos sobre los factores de riesgo que afectan la salud relacionados con elementos naturales encontrados en rocas y suelos y transportados de manera aérea o acuática, dando impulso a un área emergente conocida como geomédica.

Una meta importante en esta línea es identificar valores de fondo, y lograr un conocimiento profundo del medio físico, con lo cual será posible proponer estrategias de remediación, mitigación y/o disminución de riesgo, así como visualizar las estrategias más adecuadas para lograr un desarrollo sustentable del hombre y el medio ambiente.

También se realizan investigaciones paleoclimáticas que incluyen la identificación de los factores de forzamiento del clima, sus interacciones y teleconexiones dentro del sistema océano-atmósfera-continente. Los registros geológicos recientes permiten analizar la variabilidad climática en el pasado y sus efectos sobre distintas variables ambientales y sociales.

Asimismo, se investigan los hábitats (medio ambiente) y diagénesis de las microbialitas, que son rocas carbonatadas producto de la actividad de colonias de microorganismos acuáticos, que fueron comunes hace dos billones de años y algunas de ellas son vestigios de las formas de vida más precoz en la Tierra.

7. Análisis y evaluación de peligros naturales.

Esta línea incluye el estudio y evaluación de los peligros que amenazan de manera constante el entorno de nuestro país como efecto de fenómenos naturales o antropogénicos. Entre los casos de enfoque de las investigaciones que se desarrollan actualmente se encuentran los peligros asociados a erupciones volcánicas, sismos, deslizamientos, subsidencia y fracturamiento. Todos los análisis involucran estudios multidisciplinarios de varias ramas de las Geociencias para conocer y evaluar la naturaleza compleja del fenómeno y poder prever posibles afectaciones a los núcleos urbanos. Los resultados sirven para delimitar zonas de diversos grados de amenaza que pueden plasmarse en mapas de peligro y/o vulnerabilidad del medio físico, los cuales pueden ser de gran utilidad para las autoridades responsables de toma de decisiones en lo que se refiere al diseño de medidas de mitigación o contingencia como protección civil, planes de desarrollo urbano, desarrollo sustentable, protección al medio ambiente, planificación y ordenamiento territorial, etc. Entre las investigaciones que se llevan a cabo se encuentran:

- a) Monitoreo de procesos geológicos peligrosos (volcánicos, sísmicos, entre otros).
- b) Estudios de las características de la fuente de los terremotos y de los sitios de recepción de las ondas sísmicas, recurrencia, daños, y procesos de sismicidad asociados con fines de evaluar los movimientos del suelo esperados, y probabilidad de ocurrencia para distintas regiones.
- c) Estudios de fracturamiento, deformación y subsidencia por medio de la evaluación detallada de las condiciones geológicas e hidrogeológicas del subsuelo, así como la modelación numérica y analógica de su comportamiento mecánico.
- d) Estudios de paleodeslizamientos y paleosismos para conocer los alcances de sus efectos y prever la ocurrencia de posibles fenómenos similares en el futuro, los cuales incorporan análisis de la deformación y de las condiciones geológicas y geomorfológicas así como la simulación analógica y numérica.

8. Variaciones de campo geomagnético: procesos internos y externos, y Relaciones Sol-Tierra.

Esta línea se enfoca en el estudio del registro del campo magnético en rocas para analizar las variaciones de la intensidad y dirección del campo magnético terrestre en una escala muy amplia del tiempo y contribuir al conocimiento del dínamo terrestre, en particular la variación secular y las inversiones del campo geomagnético. Por otro lado, el conocimiento de éstas en función del tiempo permite su aplicación en los estudios de: arqueomagnetismo, fechamientos de rocas recientes, magnetoestratigrafía y reconstrucciones tectónicas, así como el magnetismo ambiental, que surge como un área emergente.

La componente externa del campo geomagnético es altamente variable pues depende de la actividad del Sol. Estas variaciones (micropulsaciones en ULF) se detectan con magnetómetros en Juriquilla y otros sitios, se analizan teóricamente con diversas técnicas. Para la parte que tiene que ver con la actividad del Sol y su impacto sobre la Tierra (que se conoce como estado del tiempo en el espacio) se realizan estudios de eventos solares intensos y la estructura de la ionosfera como función de ellos, utilizando dispositivos GPS en Juriquilla y otros lugares, y correlacionando con observaciones del Radiotelescopio de Centelleo Interplanetario, en Coeneo, Michoacán.

9. Recursos energéticos y minerales.

Esta línea incluye tanto el estudio de los sistemas hidrotermales fósiles (con potencial mineral) y actuales (con potencial geotérmico) como el estudio de la diagénesis de carbonatos y de su impacto sobre el sistema petrolero, con particular referencia a las condiciones físicas de los reservorios. Ambos casos los requieren un enfoque multidisciplinario que involucra una amplia gama de estudios, desde el mapeo regional, el tratamiento de imagen satelitales y de GIS, vulcanología, geología estructural, geoquímica de roca y fluidos (actuales y fósiles), hasta las modelaciones geológicas, geoquímicas y termodinámicas. En esta línea se incluyen también estudios generales sobre la situación energética nacional e internacional y sus perspectivas a futuro, incluyendo sus implicaciones económicas.

10. Análisis y modelación de Sistemas Complejos y procesos no lineales.

El principal desafío de esta línea de investigación interdisciplinaria es llegar a un equilibrio entre los proyectos teóricos y los aplicados (con alto impacto para la industria nacional) ubicados en el marco conceptual del Sistema Terrestre y con una atención especial hacia la modelación física, matemática y la simulación computacional de los fenómenos y procesos no lineales. El estudio de la Tierra y su entorno se realiza con base en los fundamentos cuantitativos tradicionales (matemáticas, estadística, métodos numéricos) y técnicas relacionadas (simulación computacional, Sistemas de Información Geográfica) así como en los métodos analíticos modernos incluyendo la Geometría Fractal, Teoría de la Complejidad y Criticalidad, etc. Los fenómenos geológicos tienen un alto grado de complejidad. La invariancia al escalado es uno de los aspectos genéricos que es común a la gran variedad de los problemas geológicos y geofísicos complejos y que se describe mediante leyes universales. Entre estas últimas se destacan por su importancia las leyes de potencia (*powerlaws*) que ayudan a describir e interpretar a los fenómenos naturales que, en general, son resultado de varios procesos que interactúan entre sí, y que son difíciles, sin no imposible con los medios actuales, de diferenciar. Con esta línea de investigación se pone especial énfasis en la competitividad nacional e internacional (tanto científica como aplicada a la industria); la transferencia del conocimiento e innovación tecnológica; y la creación de las redes de información que lleguen al sector responsable de la toma de decisiones en diversos ámbitos.



II.1.3.2 Grupos de Investigación.

Como resultado de la revisión de las líneas de investigación vigentes en el CGEO, se propone un nuevo esquema de grupos de investigación que agrupa las principales líneas de investigación que se desarrollan en el Centro, en tres grandes campos, a saber: Tierra Sólida, Geociencias ambientales y Recursos naturales y energéticos.

El esquema propuesto con anterioridad estaba dividido en 2 grupos principales de líneas, a saber: Fundamentales y Estratégicas, en el primer grupo incluía a los grandes campos dirigidos al avance del conocimiento científico fundamental de las geociencias e incluye a los Geosistemas (geodinámica, deformación cortical, estratigrafía y evolución geológica, petrología, geomagnetismo, relaciones Tierra-Sol, etc.) y la Modelación de numérica, fractal y analógica de geosistemas. Mientras que el grupo de líneas Estratégicas se enfocaba a la identificación de campos del conocimiento que atienden demandas específicas para la solución de problemas de interés nacional e incluyen las líneas geoenergéticas (petróleo y geotermia) y minerales, geoambientales (agua, cambio climático, peligros naturales e inducidos) y geosociales (geomédicas, protección de áreas naturales, entre otras).

El carácter multidisciplinario de estos campos permitirá aprovechar el uso de una amplia gama de disciplinas aprovechando la diversidad temática, conceptual, metodológica e instrumental que posee, propiciando una mayor interacción entre dichos grupos de trabajo al identificar áreas de interés común entre académicos de diferentes áreas del conocimiento, con el propósito de intentar establecer nuevas colaboraciones o fortalecer las ya existentes, promoviendo estrategias que permitan abordar problemas científicos ambiciosos y de mayor envergadura, y que paralelamente incidan en nuevos esquemas de vinculación, que contribuyan al avance de la investigación geocientífica de frontera y a la solución de problemas prioritarios.



Se trata de un esquema dinámico que se irá modificando de acuerdo con la evolución que se desarrolle en el Centro de Geociencias en los próximos años, al cual se podrán incorporar propuestas de nuevos grupos emergentes que actualmente se encuentran en proceso de formación.

(1) Tierra Sólida (Procesos Tectónicos)

Este campo de investigación pretende contribuir al conocimiento de la estructura interna, el estado físico y la composición de la Tierra y de los procesos que afectan su interior y la superficie tanto en la actualidad como en el pasado. Gran parte de los fenómenos que se estudian en éste campo de investigación se relacionan con la dinámica de las placas, que tiene como expresión actual a los terremotos y a la actividad volcánica y al registro geológico (estratigrafía, deformación de las rocas) como manifestación de los eventos del pasado. Estas expresiones las observamos en la superficie, pero tienen su origen en el interior de la tierra, desde el núcleo hasta la corteza terrestre. De esta manera se utilizan observaciones directas de los efectos en la superficie, al igual que métodos indirectos para explorar tanto el interior de la tierra como el espacio exterior y la relaciones Sol-Tierra.

Los estudios que se llevan a cabo en este campo son fundamentales para comprender como funcionan los procesos geodinámicos que han actuado en el pasado, para explicar la evolución de las diferentes provincias geológicas de México y la interacción de los procesos magmáticos, metamórficos y sedimentarios. Permiten además de explicar la estructura interna, el paisaje superficial y el clima, así como el origen y la distribución de los recursos naturales, energéticos y minerales, ayudando a lograr un mejor aprovechamiento de los mismos.

Dentro de este campo se incluyen las siguientes líneas específicas de investigación:

- *Procesos geodinámicos de la litósfera.*
- *Estructura y deformación de la corteza terrestre.*
- *Procesos magmáticos y metamórficos, y su relación con la tectónica de placas.*
- *Estratigrafía y evolución de las provincias geológicas de México.*
- *Evolución de centros volcánicos de México.*
- *Variaciones de campo geomagnético: procesos internos y externos, y Relaciones Sol-Tierra.*
- *Análisis y modelación de Sistemas Complejos y procesos no lineales.*

La gran mayoría de los académicos participa en alguna o varias de estas líneas de investigación, y todos los laboratorios del Centro de Geociencias están involucrados en ellas.

(2) Geociencias ambientales

El estudio del geoambiente tiene como reto entender el sistema Tierra de manera global y monitorear el impacto antropogénico sobre el ambiente. Este campo incluye estudios sobre la contaminación de suelos, agua y aire, deslizamientos y hundimientos, la evolución del clima y el espacio alrededor de la Tierra ante el clima espacial. Una parte importante de los estudios que se desarrollan tiene como objetivo entender las causas de los desastres naturales para mitigar sus efectos y desarrollar estrategias para adaptarse a ellos.

La contaminación producida por elementos y minerales tóxicos que son originados de manera natural y distribuidos ampliamente a partir de diferentes agentes como el agua y el viento, son factores importantes de riesgo para la salud que merecen particular atención por los daños que ocasionan. El registro fósil y sedimentario, así como el estudio de espeleotemas nos puede ayudar a entender cómo han evolucionado algunos de estos procesos en el pasado

y ligarlo con la historia reciente para predecir estos eventos en el futuro. Otra área de interés la representa el estudio de la frontera entre la atmósfera y el espacio, donde el campo magnético de la Tierra interactúa con las partículas de alta energía provenientes del sol y del espacio.

Este campo incluye también desarrollo de tecnologías de medición y transferencia de los datos en “tiempo real” a una unidad de análisis y respuesta (estaciones de monitoreo de lahares y de la deformación, GPS, observatorios geomagnéticos, instrumentación de acuíferos, estaciones climatológicas), los cuales son fundamentales para monitorear procesos volcánicos, variaciones del campo magnético asociado a tormentas solares, zonas de hundimiento, explotación de acuíferos y contaminación ambiental. Estos sistemas son un requisito indispensable para implementar sistemas de alerta temprana que servirían para el apoyo en la toma de decisiones.

Los instrumentos geocientíficos disponibles para esta línea varían desde los sistemas de monitoreo para medir los campos magnéticos (Observatorio de Geoelectromagnetismo, Laboratorio de Geomagnetismo) y el análisis de imágenes de satélite (Laboratorio de Geomática), el análisis de núcleos de rocas y suelos (Laboratorio Mecánica de Geosistemas), el análisis de contaminación de suelos, rocas, atmósfera y agua (Laboratorio Suelos, Laboratorio de Geoquímica Ambiental, Laboratorio de Geofluidos, Laboratorio Móvil de Contaminantes, Laboratorio de Paleomagnetismo y de Propiedades Magnéticas), el análisis isotópico (Laboratorio de Estudios Isotópicos) y de fósiles (Laboratorio de Paleontología), además de modelado numérico (Laboratorio de Geodinámica Computacional).

Dentro de este grupo se incluyen las siguientes líneas particulares de investigación:

- *Geosistemas ambientales*
- *Análisis y evaluación de peligros naturales*
- *Variaciones de campo geomagnético: procesos internos y externos, y Relaciones Sol-Tierra.*

(3) Recursos naturales y energéticos

Complementando los estudios básicos que contribuyen al avance del conocimiento de nuestro planeta y su entorno se encuentran también las investigaciones aplicadas al conocimiento del contexto geológico de los recursos naturales y energéticos del subsuelo, que comprenden tanto las técnicas de prospección como el estudio de su génesis. En este campo el CGEO desarrolla líneas de investigación enfocadas al estudio de los sistemas hidrotermales fósiles con potencial mineral así como al estudio de la diagénesis de carbonatos y de su relación con los yacimientos petroleros, con particular énfasis en el análisis las condiciones físicas de los reservorios. Ambas líneas requieren un enfoque multidisciplinario que involucra una amplia gama de estudios tales como el mapeo geológico regional apoyado por Sistemas de Información Geográfica, el procesamiento de imagen satelital, los estudios vulcanológicos y de geología estructural, así como la geoquímica de rocas y de fluidos recientes y fósiles. También se desarrollan estudios de modelación geológica, geoquímica y termodinámica enfocada a yacimientos minerales y la caracterización multifractal de los yacimientos petroleros fracturados.

Además de los sistemas hidrotermales fósiles con potencial mineral se investigan los sistemas hidrotermales con potencial geotérmico desde diferentes perspectivas. Entre estas se cuentan los estudios estratigráficos y estructurales detallados, la caracterización geoquímica de fluidos hidrotermales, la petrografía de rocas volcánicas, la prospección

geofísica para definir estructuras superficiales y profundas relacionadas a sistemas geotérmicos y el modelado físico del mismo, estudios de micro-sismicidad para localizar las fallas activas y zonas de flujo ascendente, estudios de percepción remota (InSAR) y modelado numérico de flujo térmico y de masa desde la fuente a la superficie.

Otra línea de investigación se orienta al estudio de los recursos hidrológicos del subsuelo cuya importancia estratégica e impacto en la sociedad es de mayor relevancia. En este campo convergen varias disciplinas enfocadas a la evaluación de los sistemas acuíferos a partir de estudios geohidrológicos, hidroquímicos y geofísicos, incluyendo los estudios relacionados a la subsidencia del suelo a consecuencia de la extracción continua del agua subterránea.

En este campo se agrupan las líneas de investigación:

- *Recursos energéticos y minerales*
- *Análisis y modelación de Sistemas Complejos y procesos no lineales.*

Para el desarrollo de las líneas de investigación de este campo, el CGEO cuenta con infraestructura de primer nivel, con el cual se llevan a cabo estudios de caracterización de fluidos y su interacción con la roca en yacimientos petroleros, geotérmicos y minerales (Laboratorio Geofluidos corticales), microtermometría y petrografía (Yacimientos Minerales), análisis de los componentes del aguas subterráneas (Gequímica de aguas), caracterización geoquímica de materiales geológicos (Laboratorio de Estudios Isotópicos).

II.1.4 Indicadores y actores involucrados

- Relación entre número de proyectos grupales y proyectos individuales (refleja la formación de grupos).
- Número de publicaciones por investigador por año.
- Factor de impacto promedio de las revistas.
- Número de académicos del CGEO en coautorías por cada artículo (refleja la formación de grupos).
- Número de convenios con participación de académicos de una misma área y de áreas de conocimiento diferentes.
- Número de convenios o bases de colaboración con dependencias de la UNAM y foráneas.

Actores:

- Los académicos son los principales actores que llevar a cabo las acciones para poder lograr los objetivos y metas aquí planteadas.
- Consejo Interno como instrumento para la evaluación del desempeño de cada investigador, dando prioridad a líneas y grupos de investigación que promuevan la colaboración multidisciplinaria.

II.2 Formación de Recursos Humanos y Docencia

II.2.1 Objetivos generales

A) Fortalecer las tareas de docencia del Centro en los niveles de Licenciatura y Posgrado. Incidir en el mejoramiento de la enseñanza, fomentando una mayor movilidad de los estudiantes con otras universidades y el empleo de nuevas tecnologías, y aprovechando sinergias con otras instituciones.

B) Incidir en las propuestas para revisar los planes de estudio tanto para la licenciatura en Ciencias de la Tierra como para el posgrado, en el corto plazo, con el fin de actualizarlos y proponer nuevas opciones de acuerdo a las necesidades y demandas del mercado laboral y académico. Proponer un esquema de opciones terminales en áreas como la exploración geotérmica, riesgos geológicos, yacimientos minerales, entre otras que pudieran ser de interés nacional. En particular, se plantearán esquemas específicos para participar en el programa de formación de recursos humanos del proyecto CeMie-GEO, especialmente en el área de exploración geotérmica.

C) Explorar áreas de oportunidad para la implementación de estudios de especialización técnica tales como maestrías, diplomados y cursos de actualización

D) Fomentar una participación más activa de los estudiantes de todos los niveles en actividades académicas (asignaturas) y de divulgación para lograr un desarrollo más integral en su formación, incluyendo la organización de congresos estudiantiles, seminarios, apoyo en el diseño y elaboración de materiales didácticos, entre otros.

II.2.2 Objetivos particulares

II.2.2.1 Licenciatura

A) Promover las estrategias de colaboración con la UMDI-FC necesarias para elevar la calidad de los egresados de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra (LCT).

B) Apoyar el fortalecimiento de la infraestructura para laboratorios y talleres que son fundamentales para el proceso de aprendizaje teórico-práctico. En particular, promover la adquisición de colecciones de rocas, minerales, láminas delgadas, microscopios petrográficos, etcétera.

C) Reforzar la participación de académicos del CGEO en el sistema de tutorías, y el programa de talleres para estudiantes de los últimos semestres, que permitirá identificar posibles candidatos para el Posgrado en Ciencias de la Tierra.



II.2.2.2 Posgrado

A) Fortalecer la formación de recursos humanos de alto nivel en el Posgrado en Ciencias de la Tierra. Se plantea mejorar los mecanismos de selección de aspirantes al PCT, dar continuidad a un programa de seguimiento individual de cada estudiante para hacer un diagnóstico que permita proponer las medidas más adecuadas para mejorar la calidad de los egresados y elevar su eficiencia terminal; y fortalecer programas de actualización y cursos de capacitación de alto nivel. Para este último punto se pretende activar un programa de profesores visitantes que ofrezcan cursos de interés para el Centro.

II.2.3 Metas.

Se plantean diferentes metas en función del nivel escolar y tipo de actividades:

II.2.3.1 Licenciatura en Ciencias de la Tierra.

A) Coadyuvar a la gestión de plazas en las áreas de Tierra Sólida y Ambiental.

B) Fortalecer laboratorios, colecciones y talleres para cursos básicos.

C) Revisión del Plan de Estudios, incluir áreas terminales en: Geotermia, Yacimientos Minerales, Riesgos geológicos, entre otros.

II.2.3.2 Posgrado en Ciencias de la Tierra.

A) Realizar una promoción más activa de las oportunidades de estudio en el CGEO en diversas universidades de provincia que permitir atraer nuevos estudiantes.

B) Proponer cursos propedéuticos y pre-requisitos para regularizar niveles mínimos indispensables para la admisión de estudiantes.



C) Revisar mecanismos de admisión y permanencia. Proponer un mecanismo independiente al posgrado que se encargue de emplear métodos pedagógicos modernos similares a los que se aplican en otras universidades de manera exitosa; así como un sistema de seguimiento tutelar para revisar la permanencia de los estudiantes, ya antes mencionado.

D) Mejorar la eficiencia terminal, a través de un nuevo programa de seguimiento individualizado de los

alumnos con tutoría obligatoria que permita identificar factores de riesgo y de esta forma implementar medidas de mitigación específicas.

E) Estimular Redes estudiantiles y su participación institucional.

F) Aprovechar los programas de movilidad estudiantil e intercambios académicos.

- G) Revisar el plan de estudios del posgrado, incluyendo las asignaturas que se imparten regularmente en el Centro y que no son consideradas obligatorias u optativas de elección.
- H) Fortalecer el subcomité académico del Centro y la presencia en el Comité Académico.
- I) Mejorar la infraestructura dedicada a la enseñanza mediante la incorporación de nuevas aulas y tecnologías.

II.2.3.3 Programas extracurriculares.

A) Establecer programas adicionales de especialización como: Maestrías, Diplomados, Cursos Especiales, Talleres científicos, entre otros, que atiendan necesidades sobre temas de actualidad, aplicando con enfoques modernos.

B) Sistematizar programas de Servicio Social con universidades locales.

C) Fortalecer los Programas de Verano de la Ciencia para atraer a más estudiantes interesados en realizar tesis y/o ingresar al programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra.

D) Crear un comité de docencia que integre representantes de todos los niveles (licenciatura y posgrado) para atender de manera integral los problemas asociados a la formación de recursos humanos del Centro.



II.2.4 Indicadores y actores involucrados

- Número de estudiantes matriculados en los programas de posgrado (maestría y doctorado) y en la Licenciatura en Ciencias de la Tierra (LCT).
- Acreditación de cursos con calificaciones superiores al promedio.
- Número de estudiantes graduados, número de tesis dirigidas.
- Número de publicaciones con participación de estudiantes como co-autores.
- Seguimiento de egresados:
 - Número de estudiantes que logran una posición en los sectores académicos productivos en el país y el extranjero
 - Número de estudiantes que obtienen una estancia posdoctoral a nivel nacional o en el extranjero.

Actores:

- Subcomité académico y responsable del Posgrado que verifique el correcto funcionamiento de los procesos de admisión y seguimiento de los estudiantes
- Representante del CGEO ante la Licenciatura en Ciencias de la Tierra.
- Tutores que acoten el tema de tesis de acuerdo al grado, y den un seguimiento semestral.
- Comité de docencia del CGEO, que evalúe el logro de las metas propuestas.

II. 3 Difusión y Divulgación.

II.3.1 Objetivos.

- A)** Continuar apoyando la edición de *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (RMCG)*, para que mantenga el factor de impacto superior a 1.0 en el *ScienceCitationIndex*, como ha sido en los últimos cinco años.
- B)** Fortalecer la organización sistemática de las actividades de divulgación que han resultado exitosas (Semana de la Tierra, Taller de Ciencias, Cadena por la Ciencia, Exposición de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro etc.) e implementar nuevas estrategias con otras entidades del campus y fuera de él, para permitir que el Centro tenga más visibilidad en los ámbitos locales, regionales y nacionales, incidiendo particularmente en los niveles educativos elementales y medios.
- C)** Crear estrategias para promover una cultura de las geociencias más amplia en la región, que permita difundir el quehacer de las geociencias y enfatizar la importancia que tienen en beneficio de la sociedad, a través de actividades como mesas redondas sobre temas de interés público como son: catástrofes naturales, cambio climático, extinciones masivas, supervolcanes, fin del petróleo, fuentes alternativas de energía, el origen la Tierra y la vida, ciclo del agua, etc.
- D)** Promover talleres científicos para profesionistas, cursos de campo y excursiones geológicas temáticas (por ejemplo: paleontología, contaminación por agentes geológicos, vulcanismo, tectónica activa, paleosismología, exploración mineral, etcétera).
- E)** Continuar promoviendo el trabajo de divulgación de calidad para que sea considerado en los comités de evaluación pertinentes (SNI, PRIDE), motivando el que los investigadores puedan tener una participación más activa en actividades de divulgación de calidad.
- F)** Integrar un comité de divulgación para atender de una manera más organizada y sistemática las actividades de divulgación del Centro de Geociencias.

II.3.2 Metas.

- A)** Lograr mantener a la *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* con un factor de impacto superior a 1.0 en el promedio quinquenal.
- B)** Incrementar la participación de académicos en comités editoriales de revistas científicas tanto nacionales como extranjeras.
- C)** Mantener y fortalecer los programas de Divulgación exitosos: Semana de la Tierra, Taller de Ciencia para Jóvenes, Congreso de Estudiantes en Ciencias de la Tierra, Programa de Estancias de Verano, Visitas Guiadas, Pasaporte al Conocimiento Científico, Charlas de Divulgación, Seminario Institucional, Columnas en periódicos, revistas, presencia en TV, radio, etc.
- D)** Promover la organización de eventos académicos tanto de impacto nacional como internacional.
- E)** Incrementar la asistencia a los eventos principales de Divulgación que organiza el CGEO mediante mecanismos de promoción más amplios para lograr incidir en un público mayor, para difundir el quehacer de las geociencias. Se propone in mecanismo de estímulos y apoyos para incentivar dicha participación.

- F)** Incrementar la participación del personal académico, posdoctorantes y estudiantes de los diferentes niveles (licenciatura y posgrado) en apoyo a las labores de divulgación y difusión en las que participa el CGEO.
- G)** Adquisición, diseño y/o elaboración de modelos novedosos y atractivos para la representación de procesos geológicos del sistema Tierra de manera simple y práctica.
- H)** Ampliar la impartición de talleres como el de Cadena por la Ciencia- Experimentos simples para entender una Tierra complicada.
- I)** Incorporar nuevos Programas de Divulgación: Mesas Redondas de discusión sobre temas de frontera; exposiciones itinerantes, etc.

II.3.3 Indicadores y actores involucrados.

- Número de eventos organizados tales como: Semana de la Tierra, EXPOCYTEQ, Expociencias Bajío, Taller de Ciencia para Jóvenes, etc.
- Número de personas asistentes a los eventos antes mencionados.
- Número de talleres impartidos del programa Cadena por la Ciencia.
- Número de participaciones en programas de radio, TV, columnas en periódicos, revistas de divulgación, etc.
- Número de modelos de sistemas geológicos desarrollados que refuercen las actividades de exposiciones de divulgación científica.

Actores.

- Responsables de Difusión y Divulgación del CGEO y del Campus.
- Comité de Difusión y Divulgación del CGEO.
- Académicos y estudiantes que apoyen el desarrollo de actividades y la organización de nuevos eventos.



II.4 Gobierno y Administración.

II.4.1 Objetivos.

A) Incentivar una participación más activa del personal académico en cuerpos académicos como el Consejo Interno y el Colegio del Personal Académico, a fin de incorporar propuestas que promuevan el desarrollo del CGEO.

B) Impulsar la creación de comités de docencia, divulgación, cómputo y administración, cómputo que permitan atender la creciente demanda de asuntos de interés para cada uno de esos rubros, y permitan atenderlos con mayor atención y mejores niveles de calidad.

C) Fortalecer las funciones y operación del Consejo Interno, revisando su estructura interna, a fin de que permita una participación más activa de sus integrantes en la planeación del modelo de desarrollo del CGEO para los próximos años, y que recoja las opiniones de toda la comunidad para su consideración en la toma de decisiones.

D) Implementar nuevas herramientas de gestión que favorezcan la desconcentración, y agilicen y simplifiquen los trámites administrativos, así como facilitar el desarrollo de las actividades académicas sustantivas.

F) Promover diversas acciones que hagan más eficiente los procedimientos administrativos, que funcionen de una manera más sistemática y simplificada, para facilitar el trabajo académico, incorporando soluciones informáticas modernas y prácticas.

G) Fortalecer una estructura operativa dentro de la Secretaría Técnica que se encargue del mantenimiento oportuno y funcionamiento óptimo de la infraestructura del CGEO, incluyendo laboratorios, talleres, servicios, vehículos, edificios, etc. Para el caso de los laboratorios en particular, se propone una estructura que coordine la correcta operación de los mismos, revise su normatividad y **reglamentos, se encargue de elaborar un plan de desarrollo para cada uno de ellos.**

H) Coadyuvar en la agilización de trámites del área de proveeduría, incidiendo en la reducción de gastos derivados de procedimientos aduanales y de importación de equipos y muestras diversas, a fin de hacer más eficiente los servicios proporcionados por los laboratorios y talleres del CGEO.

II.4.2 Metas.

A) Creación de Comités de investigación, difusión y divulgación, docencia, cómputo y administración para obtener una operación más adecuada en todas las labores sustantivas del Centro.

B) Reactivar al Colegio del Personal Académico para motivar una participación más amplia del personal académico en las decisiones colegiadas que atañen al CGEO.

C) Instaurar un sistema de gestión de trámites de uso frecuente y consulta electrónica de proyectos de investigación, para lograr una administración más afectiva de los recursos individuales de los académicos.

D) Optimizar y modernizar el funcionamiento de los sistemas de cómputo del CGEO, aprovechando los avances tecnológicos y las ventajas de que se ofrecen en el mercado.

- E)** Sistematizar los reglamentos, normas, manuales de operación de laboratorios y equipos mayores y documentos pertenecientes en el CGEO.
- F)** Obtener una estructura operacional mejorada para el CGEO que será discutida y consensada por el personal académico, sea ésta estructura a través de departamentos o redes de investigación.
- G)** Elaborar manuales sobre diversos procedimientos administrativos que faciliten su funcionamiento, incluyendo los trámites de importación de equipos, materiales y muestras.

II.4.3 Indicadores y actores.

- Número de reuniones del Colegio del Personal Académico y acuerdos tomados en cada reunión.
- Reglamentos internos del Centro: Estatutos, laboratorios y talleres, vehículos, estudiantes, ingresos extraordinarios, etc.
- Número de trámites y consultas de proyectos habilitados vía electrónica (solicitudes de servicios, consultas electrónicas de proyectos, etc.).
- Folletos e instructivos explicativos sobre la operación de trámites diversos relacionados al departamento de proceduría como son gastos por importaciones, gastos aduanales, etc.
- Manuales de laboratorios

Actores

- Dirección, Consejo Interno, Secretarías: Académica, Administrativa, Técnica, Posgrado, Colegio de Personal Académico.

II. 5 Infraestructura.

El CGEO ha fortalecido de manera notable su infraestructura, logrando equipamientos de primer nivel que lo ponen a la vanguardia en varias capacidades analíticas. En sus inicios el CGEO sólo contaba con 4 laboratorios, pero paulatinamente ha ido creciendo hasta alcanzar actualmente un total de 17 laboratorios y 4 talleres de servicio. Entre los equipamientos más importantes se destacan: los espectrómetros de masas multicolector y cuadrupolo, el sistema de ablación de láser y el cuarto ultralimpio del Laboratorio de Estudios Isotópicos, que permiten realizar análisis de elementos trazas e isotópicos de todos los elementos de la tabla periódica con alta precisión, y el fechamiento de cristales por el método de U-Pb, con posibilidades de expansión a futuro. Además se tiene un Microscopio Electrónico de Barrido con catodoluminiscencia para diversos tipos de microanálisis que se encuentra a punto de entrar en operación. Cuenta también con una supercomputadora Horus para modelado numérico de procesos geodinámicos (Geodinámica Computacional), cuya capacidad ha ido creciendo progresivamente, y actualmente cuenta con 500 procesadores en paralelo y 2 Tb de memoria RAM. El Centro ha estado renovando diferentes equipos y sistemas empleados en distintas aplicaciones como es el caso de la exploración geofísica (gravímetros, MT, eléctricos, etc.), el modelado analógico escalar de la deformación cortical, el paleomagnetismo por microondas, los equipamientos de los laboratorios de Geoquímica Ambiental, de Aguas y de Fluidos Corticales para determinaciones geoquímicas diversas, el vehículo de rastreo móvil de contaminantes del subsuelo, una estación sísmica de banda ancha, el Observatorio de Geoelectromagnetismo y su estación meteorológica. Asimismo los laboratorios de Edafología, Geomática, Paleontología, Sismología, Vulcanología física, y Yacimientos Minerales cuentan con aparatos diversos, que en conjunto complementan las capacidades analíticas que posee el CGEO.

Los talleres de Electrónica, Laminación, Molienda y Separación mineral, han sido de vital importancia para llevar a cabo la preparación de muestras y dar servicio de apoyo a los demás laboratorios del Centro. Estos talleres han sido ampliados y remozados, y hoy en día son una referencia nacional para la preparación de muestras de alta calidad. Asimismo, se ha logrado incrementar su parque vehicular, el cual actualmente incluye 15 vehículos para trabajos de campo, siendo 4 de ellos vehículos de doble tracción, los cuales en su conjunto proporcionan apoyo logístico importante para el adecuado desarrollo de los proyectos de investigación.

La infraestructura física del Centro de Geociencias consta de 58 cubículos para académicos y estudiantes; dos salas de uso común; una aula para clases y otra que también funciona para llevar a cabo videoconferencias. A pesar de que en el periodo 2010-2014 se llevó a cabo la construcción de un edificio nuevo para albergar a 6 cubículos adicionales y un auditorio, con el arribo de profesores visitantes y nuevos posdoctorantes se ha llegado nuevamente al límite de su capacidad, por lo cual se requerirán nuevos espacios considerados en la siguiente etapa de construcción. Por su parte la Biblioteca cuenta con un acervo de más de 2,887 libros, suscripción a 5 revistas impresas, acceso en línea a la gran mayoría de las revistas del área de geociencias, colecciones de tesis, mapas y material audiovisual, y el repositorio en su página electrónica de la productividad científica publicada por los académicos del Centro de 1997 a la fecha. Existe también una litoteca que alberga la colección de muestras de rocas de todos los proyectos del Centro, así mismo el CGEO es depositario de una colección de núcleos de perforación de pozos de agua del área metropolitana de Querétaro, que son empleados para diversos estudios del subsuelo, y se encuentra en marcha la creación de una sala de exhibición

para rocas, minerales y fósiles, con fines didácticos. La infraestructura de la red se ha modernizado con el incremento de la velocidad del *backbone*, la instalación de una red inalámbrica y un *firewall*, y de las IP disponibles. El sistema eléctrico se encuentra protegido con un moderno sistema UPS y la comunicación telefónica se realiza con un nuevo sistema de conmutador digital.

II.5.1 Objetivos.

A) Mantener en óptimas condiciones los sistemas de protección y seguridad que permitan la correcta operación de todas las instalaciones, laboratorios, equipos mayores, sistemas eléctricos y de comunicaciones, equipos y red de cómputo, etc., para lograr una mayor eficiencia en el funcionamiento general del CGEO, incluyendo la operación adecuada del parque vehicular en condiciones de seguridad y funcionalidad. Proponer iniciativas para su optimización.

B) Fortalecer la capacidad analítica del CGEO con la instalación de los nuevos laboratorios de Geocronología de Ar/Ar y de Microtomografía de Rayos X, más los que se adquieran a futuro, y evaluar las posibilidades de convertirlos en Laboratorios Universitarios o Nacionales, de acuerdo a las condiciones y oportunidades que se presenten. Incrementar las capacidades analíticas generales de los laboratorios como el de Estudios Isotópicos (LEI).

C) Gestionar los recursos necesarios para abrir nuevos espacios dedicados a la docencia, cubículos para nuevos académicos y profesores visitantes (continuar con la construcción del segundo piso del edificio E), y para la posible ampliación de algunos laboratorios con el arribo de nuevos equipos.

D) Fortalecer y actualizar los sistemas y redes de cómputo para un óptimo funcionamiento, en materia de equipamiento, seguridad y avances tecnológicos, incluyendo el aprovechamiento de recursos para impresiones. Considerar la ampliación del ancho de banda en el corto plazo.

F) Favorecer condiciones apropiadas para lograr una mayor eficiencia de los laboratorios para su óptimo desempeño, siguiendo los más altos estándares de calidad y de acuerdo con las normas internacionales para que funcionen como sitios de referencia a nivel nacional e internacional.

II.5.2 Metas.

A) Construcción de las obras propuestas para el periodo:

- Laboratorio de Geocronología.
- Laboratorio de Microtomografía de Rayos X.
- Laboratorio Nacional de Visualización Científica Avanzada (proyecto conjunto del campus Juriquilla en colaboración con otras dependencias, lideradas por el Instituto de Neurobiología y la UAQ).
- Segundo piso del edificio E para albergar cubículos, oficinas de posgrado, áreas de trabajo para investigadores y estudiantes.
- Aprovechar mejor los espacios existentes y, en su caso, ampliar algunos de ellos como: litoteca, dirección, terraza-cafetería, etc.

B) Mejorar y ampliar los servicios de cómputo: ampliación del ancho de banda, mayor capacidad y aprovechamiento cibernético.

- C)** Promover un programa de mantenimiento que proteja el funcionamiento y operación de los equipos mayores, laboratorios e infraestructura general a fin de garantizar su óptimo funcionamiento y alargar su vida útil.
- D)** Lograr la renovación progresiva del parque vehicular para dar un servicio más adecuado y de mejor calidad.
- E)** Mantener o superar el factor de impacto de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.
- F)** Gestionar apoyos a través de la Administración Central de la UNAM, fundaciones y organismos, para conseguir la remodelación de los espacios solicitados en la Biblioteca.

II.5.3 Indicadores y actores.

- Número de espacios habilitados y nuevos para usos diversos.
- Número de equipos con programas de mantenimiento preventivo y servicios técnicos.

- Verificación de las condiciones de funcionamiento correcto de equipos y laboratorios
- Manuales de operación de equipos mayores y laboratorios.
- Número de vehículos funcionando en buenas condiciones.
- Número de académicos participando en cuespos editoriales.
- Número de artículos y ejemplares editados como parte de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.

Actores

- Secretarios Técnico y Administrativo, Responsables de Cómputo y Redes, Consejo Interno como instrumento para el análisis de necesidades.

III. PROSPECTIVA Y VISIÓN

III.1 Visión.

Conformar un polo científico multidisciplinario de excelencia en las Ciencias de la Tierra, líder a nivel regional y nacional, y punto de referencia internacional, que realice investigación científica de frontera que, en su caso, tenga un impacto directo sobre la sociedad, y que prepare a los mejores geocientíficos con un nivel competitivo de clase mundial, a fin de contribuir a un mejor conocimiento del territorio nacional, al aprovechamiento de sus recursos naturales y al cuidado y protección del medio ambiente, así como a difundir el quehacer de las geociencias y destacar su importancia en todos los niveles sociales.

El CGEO ha logrado alcanzar un nivel de calidad y madurez académica que permite ubicarlo como un importante referente de la investigación geocientífica en México y en el mundo. Sin embargo, a pesar de los logros alcanzados hasta el momento, es importante reconocer que existen aún muchos retos por superar para lograr consolidar al Centro como una institución de excelencia en investigación, docencia y difusión científica.

III.2 Objetivos generales.

Consolidar el trabajo académico de las geociencias mediante una mayor integración de los grupos de investigación que, aprovechando las sinergias existentes y aplicando un enfoque moderno y multidisciplinario, logren realizar investigación científica de excelencia que contribuya al avance de la ciencia, que incida a la solución de problemas nacionales y de índole mundial, en áreas estratégicas y prioritarias.

Incidir de manera decisiva en el fortalecimiento de los programas de licenciatura y posgrado, encaminados a preparar investigadores del más alto nivel académico que se constituirán en los futuros profesionistas e investigadores en el campo de las geociencias del país.

Promover diversas acciones y programas que permitan una amplia difusión de las geociencias de una manera efectiva y profunda, que incida en todos los estratos sociales, pero particularmente en los niveles educativos básicos e intermedios.

III.3 Objetivos particulares y retos.

A) Consolidar la formación de grupos de investigación Multidisciplinarios y una participación más activa en Redes de investigación científica.

B) Ampliar criterios de evaluación incorporando productos primarios como mapas, guías de excursiones y actividades de divulgación de alta calidad, así como productos que demuestren tener un fuerte impacto social y económico.

- C)** Diseñar una estrategia para incorporar a investigadores con baja productividad dentro de grupos académicos consolidados.
- D)** Fortalecer el programa de Licenciatura en Ciencias de la Tierra mediante el mejoramiento de su infraestructura (laboratorios, talleres, colecciones de materiales geológicos), el reforzamiento de la planta docente, y la actualización de sus planes de estudio y propuesta de opciones terminales en áreas estratégicas.
- E)** Proponer estrategias para revisar los planes de estudio, mecanismos de admisión, y seguimiento de estudiantes, sistema de tutoría y eficiencia terminal del Posgrado en Ciencias de la Tierra.
- F)** Fortalecer programas de promoción del Posgrado para incrementar la matrícula y mejorar la selección de candidatos al posgrado.
- G)** Proponer nuevos programas de Difusión y Divulgación científicas y fortalecer los ya existentes para lograr mayor visibilidad en el entorno local, regional y nacional.
- H)** Favorecer acciones de vinculación con el entorno: gobierno, universidades y empresas, tanto a nivel nacional como internacional. Apoyar la creación de una oficina de vinculación que facilite la consolidación de convenios de colaboración particulares.
- I)** Mejorar los procesos administrativos para garantizar la operación eficiente y funcional del sistema administrativo y consolidar un programa de optimización de recursos.
- J)** Gestionar mayores recursos presupuestales y la obtención de Recursos Extraordinarios adicionales, para satisfacer los requerimientos necesarios para una adecuada administración.

III.4 Áreas de Oportunidad.

Los problemas del mundo moderno que afectan a nuestro planeta en materia de desastres, cambio climático, contaminación ambiental, abasto de agua, crisis energética, escasez de recursos naturales como agua, minerales, entre otros temas, muestran un futuro complejo e incierto. Sin embargo, los retos que se presentan ante ese panorama pueden representar importantes oportunidades de desarrollo en diferentes áreas de las geociencias que deben ser oportunamente identificadas con claridad para ser aprovechadas de la mejor manera. Algunas áreas y temas que ya se han identificado son:

- A)** Nuevos programas de exploración derivados de las nuevas políticas estratégicas asociadas a la Reforma Energética, particularmente en lo que se refiere a proyectos de exploración de hidrocarburos.
- B)** Desarrollo de proyectos en Energías Renovables como la Geotermia como parte de la Estrategia Nacional de Energía auspiciado por el gobierno federal por impulsar la participación de las energías renovables para la generación de energía eléctrica y diversificar sus aplicaciones. Se prevé una activa participación en el Consorcio CeMie-GEO, a través de proyectos SENER-CONACYT auspiciado por el Fondo de Sustentabilidad Energética.

C) Participación en diversos proyectos e iniciativas propuestas por el Sistema Nacional de Protección Civil:

- Sistema de Alerta Temprana. Sismicidad, deslizamientos de tierra.
- Servicio Vulcanológico Nacional.
- Riesgos geológicos en áreas urbanas.

D) Expandir la participación multidisciplinaria de proyectos de impacto social que han surgido como áreas emergentes, en donde elementos de naturaleza geológica representan factores de riesgo para la salud, como es el caso de las investigaciones Geomédicas. Se propone la vinculación con instituciones del Sector Salud y áreas sociales.

E) Aprovechar las políticas gubernamentales de apoyo al fortalecimiento de infraestructura científica, a través de las convocatorias recientes de CONACYT. Considerar la creación y equipamiento de Laboratorios Universitarios y/o nacionales: Geocronología, Microtomografía de Rayos X y Visualización Avanzada 3D, en colaboración con dependencias del campus Juriquilla (Instituto de Neurobiología, Laboratorio Internacional de Genoma Humano, Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Facultad de Ingeniería, Centro de Alta Tecnología y la Universidad Autónoma de Querétaro).

III.5 Recursos necesarios.

Para cumplir con los objetivos previstos en este Plan de Desarrollo será necesario fortalecer la planta académica tanto en lo que respecta a la contratación de investigadores y técnicos académicos, la incorporación posdoctorantes la contratación de que cubran las áreas estratégicas definidas en este Plan, la infraestructura en cuanto a la expansión de espacios, de acuerdo al crecimiento del Centro con el tiempo y a la construcción y/o adecuación de nuevos laboratorios de investigación; así como para el mantenimiento oportuno que permita el óptimo funcionamiento de todos los elementos que integran.

Será indispensable plantear una estrategia para lograr un incremento en el presupuesto operativo del CGEO a través de propuestas debidamente justificadas y entrevistas con las autoridades competentes para sensibilizarlas sobre las necesidades del Centro.

Asimismo, se promoverá una política agresiva a través de la nueva oficina de vinculación, que conduzca a la gestión exitosa de convenios y contratos de servicios que permitan un incremento sustancial de los ingresos extraordinarios del Centro.

III.5.1 Personal Académico.

El objetivo es robustecer la planta académica mediante la gestión de nuevas plazas académicas, que permitan tanto consolidar líneas ya existentes, como impulsar áreas emergentes, de acuerdo a las directrices del Plan de Desarrollo.

II.5.1.1 Investigadores.

De acuerdo a las líneas de investigación propuestas, los objetivos, metas y estrategias planteadas en el Plan de Desarrollo 2014-2018, se prevé que se requerirá para los próximos 4 años la contratación de un mínimo de 3 investigadores. Del análisis de las necesidades actuales, las áreas estratégicas identificadas y las prioridades previstas a futuro, se propone la contratación de los siguientes investigadores que cubran los perfiles en las siguientes áreas:

- 1) Geoquímica de fluidos, enfocados a la modelación de los procesos de interacción agua-roca mediante estudios experimentales con aplicación preferencial a procesos hidrotermales de sistemas geotérmicos. Esta es un área estratégica para complementar investigaciones en torno a recursos energéticos como la geotermia, migración de fluidos en sistemas petroleros, yacimientos minerales, procesos metamórficos y magmáticos, entre otros. Esta plaza reforzará el grupo de investigación en Recursos naturales y energéticos.
- 2) Modelado numérico de peligros naturales, encaminado al estudio de procesos físicos, de fenómenos geológicos y su modelado para la evaluación de las amenazas. Se busca complementar y fortalecer los estudios geológicos de procesos naturales como la actividad volcánica y los fenómenos de inestabilidad ligados a eventos hidrometeorológicos, con un análisis cuantitativo del proceso físico y su modelado numérico, para una mejor evaluación del peligro y propuesta de medidas de mitigación. Fortalecer esta área permitirá además una mejor vinculación con las autoridades de protección civil y la obtención de fondos gubernamentales para la realización de la investigación. Este perfil reforzará al grupo de líneas de investigación en Geociencias ambientales, particularmente la línea sobre Análisis y evaluación de peligros naturales.
- 3) Experto en física de rocas que pueda combinar la visualización moderna en microscopio y microtomografía de rayos x con flujo a través de medios porosos y fracturados, así como la caracterización mecánica de rocas para el análisis las condiciones físicas e hidrológicas. En particular se espera que el experto pueda integrar estos estudios para el análisis de permeabilidad de las rocas bajo diferentes condiciones P-T de reservorios (sistemas de hidrocarburos, geotermia y agua) y en medios porosos y fracturados. Es deseable que pueda construir modelos analíticos, o numéricos para estimar las propiedades hidrológicas y su conducta durante la evolución del reservorio. Este perfil reforzará al grupo de líneas de investigación en Recursos naturales y energéticos, al igual que al grupo de Tierra Sólida.

III.5.1.2 Técnicos Académicos.

Existe una fuerte demanda de técnicos académicos debido al déficit que el Centro de Geociencias ha tenido históricamente en cuanto a plazas de técnicos académicos, así como a la creación de nuevos laboratorios y el crecimiento de otros que requieren de mayores servicios.

- 1) Responsable de la operación y mantenimiento del Nuevo Laboratorio de Geocronología.
- 2) Responsable de la operación del nuevo espectrómetro de masas (ICPMS- iThermo) y del desarrollo de la técnica de U/Th en el Laboratorio de Estudios Isotópicos.

- 3) Responsable de la operación y mantenimiento del Nuevo Laboratorio de Microtomografía de Rayos X.
- 4) Responsable del Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo Terrestre.
- 5) Responsable del área de preparación de muestras, molienda y separación mineral.

III.5.1.3 Otras oportunidades

Considerando la escasa disponibilidad de plazas académicas por parte de la UNAM en la actualidad, es importante explorar nuevos esquemas de plazas académicas a través de los programas actuales que ofrece CPNACyT como es el caso de las Cátedras CONACyT. Se espera que estas plazas puedan cubrir áreas prioritarias y estratégicas para el CGEO en lo que respecta a investigación científica y formación de recursos humanos de alto nivel.

Otra estrategia que debe ser explotada de una mejor manera es el Programa de Becas Posdoctorales de la UNAM y el Programa de apoyo a la Formación de Recursos Humanos de CONACyT, en ambos casos se espera proponer un esquema en donde se dará prioridad a aquellas plazas que áreas específicas que sean identificadas como estratégicas del Plan de Desarrollo. Asimismo, se fomentará la estancia de profesores visitantes de alto nivel que fortalezcan el trabajo académico del Centro.

III.5.2 Personal Administrativo.

Será necesario contar con laboratoristas y personal auxiliar de apoyo en diferentes áreas, particularmente para atender las nuevas necesidades del Laboratorio Nacional de Geocronología y el de Microtomografía de Rayos X, así como laboratorios ya en operación como el de Mecánica Multiescalar de Sistemas. En el área administrativa, se requerirá mayor personal para atender la creciente demanda de servicios, particularmente la administración de convenios que generan ingresos extraordinarios. En lo particular se requerirán plazas específicas de:

- Área de vinculación para atender adecuadamente las múltiples tareas de vinculación del CGEO con los diferentes sectores universitarios, educativos, gubernamentales, productivos y sociales. Esta es otra necesidad que será clave para la obtención de más y mejores convenios de colaboración externos y el incremento en los ingresos extraordinarios, necesarios para la correcta operación del CGEO.
- Operador de sistemas de cómputo para desarrollar, mantener y optimizar los sistemas de cómputo que dan servicio tanto al área académica como administrativa, en ésta última con la finalidad de simplificar los trámites administrativos, migrar a un funcionamiento en línea de consultas de proyectos, saldos y solicitudes de servicios, adquisiciones, permitiendo una comunicación más efectiva con el personal administrativo.
- Asistente de procesos para dar apoyo a la Dirección y Secretaría Académica y su enlace con la Secretaría Administrativa.
- Asistente para dar apoyo al área de posgrado, dado el crecimiento del número de estudiantes y por consecuencia de los trámites y servicios logísticos de apoyo, a fin de brindar una atención más eficiente.

III.5.3 Infraestructura.

A partir del diagnóstico de operación de los laboratorios existentes, se tratarán de homologar los procedimientos y condiciones de cada uno de ellos en lo que se refiere a sus reglamentos, normatividad, reglas de seguridad e higiene, etc., para asegurar el óptimo aprovechamiento de sus recursos.

A) Laboratorios nuevos.

- Geocronología de Ar/Ar.
- Microtomografía de Rayos X.
- Laboratorio Nacional de Visualización Científica Avanzada (en colaboración con otras dependencias del campus Juriquilla)
- Simulación de escenarios volcánicos.

B) Acondicionamiento de Laboratorios (en proceso).

- Microscopio Electrónico de Barrido.
- Microscopía Óptica.

C) Nuevos espacios y adecuaciones.

- Segunda etapa del proyecto del edificio E para la construcción de cubículos, espacios de trabajo para académicos y estudiantes, y oficinas del posgrado.
- Adecuar Litoteca y considerar su ampliación para nuevos investigadores.
- Adecuación de la Sala de exhibición del Sistema Tierra para albergar colecciones de rocas, fósiles y minerales para fines de divulgación a estudiantes y público en general.
- Adecuación del área de descanso en la terraza externa del sector SW del Centro.
- Ampliación de área de Dirección.

III.5.4 Parque vehicular.

- Será necesario reforzar la planta vehicular, gestionar recursos para su renovación progresiva y mantenerla en condiciones apropiadas para su correcto funcionamiento.
- Explorar opciones de arrendamiento a través de proyectos externos, cuando no es posible su compra.