

# ***PLAN DE DESARROLLO 2010-2014***



***CENTRO DE GEOCIENCIAS***

***Campus Juriquilla***

***UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO***

## **Consejo Interno 2010**

[Dr. Gerardo Carrasco Núñez](#)

**Presidente**

[Dra. Lucía Capra](#)

Secretaria

[Dr. F. Ramón Zúñiga Dávila-Madrid](#)

Responsable del Posgrado Entidad CGEO

[Dr. Gerardo de Jesús Aguirre Díaz](#)

Representante ante el CTIC

[Mtra. Ofelia Pérez Arvizú](#)

Representante de Técnicos Académicos

[Dr. Marco Guzmán Speziale](#)

Representante Área Geofísica

[Dr. Luis Mariano Cerca Martínez](#)

Representante Área Geología

[Dr. Gilles Levresse](#)

Representante Área Geoquímica

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| <b>Introducción</b>  | 4  |
| <b>I. CONTEXTO ACTUAL</b>                                  | 5  |
| <b>II.1 Avances</b>  | 6  |
| <b>II.2 Retos</b>  | 8  |
| <br>   |    |
| <b>II. ESTRATEGIAS DEL PLAN</b>                            |    |
| <b>II.1 Investigación</b>                                  |    |
| <i>II.1.1 Actualización de las líneas de investigación</i> | 12 |
| <i>II.1.2 Estrategias y acciones</i>                       | 18 |
| <b>II.2 Formación de Recursos Humanos y Docencia</b>       |    |
| <i>II.2.1 Docencia</i>                                     | 20 |
| <i>II.2.2 Licenciatura</i>                                 | 21 |
| <i>II.2.3 Posgrado</i>                                     | 22 |
| <i>II.2.4 Educación continua y Diplomados</i>              | 23 |
| <i>II.2.5 Programas complementarios</i>                    | 23 |
| <b>II.3 Difusión y divulgación científicas</b>             | 23 |
| <b>II.4 Gobierno y Administración</b>                      |    |
| <i>II.4.1 Gobierno</i>                                     | 25 |
| <i>II.4.2 Administración</i>                               | 26 |
| <i>II.4.3 Nuevas áreas de apoyo</i>                        | 27 |
| <br>   |    |
| <b>III. VISION Y RECURSOS A FUTURO</b>                     |    |
| <b>III.1 Objetivo general del Plan</b>                     | 28 |
| <b>III.2 Grupos y líneas de investigación</b>              | 29 |
| <b>III.3 Recursos Requeridos</b>                           |    |
| <i>III.3.1 Recursos Humanos</i>                            | 30 |
| <i>III.3.2 Infraestructura</i>                             | 32 |
| <i>III.3.3 Presupuesto operativo</i>                       | 35 |

## **Introducción**

El Plan de Desarrollo 2010-2014 para el Centro de Geociencias (CGEO) tiene como objetivo fundamental, definir las políticas institucionales a seguir en los próximos años, encaminadas al fortalecimiento académico del Centro, que permitan lograr la consolidación de sus funciones rectoras como son: la investigación científica de excelencia, la formación de recursos humanos de alto nivel y la difusión del conocimiento a todos los niveles de la sociedad. Aunadas a estas funciones, está la vinculación con los diferentes sectores académicos y productivos que, junto con las anteriores, permitan lograr la plena consolidación del Centro de Geociencias como una institución de excelencia líder a nivel regional y referencia obligada a nivel internacional.

Se pretende que este documento sirva de marco de referencia para orientar las actividades académicas del CGEO y permita tener una organización coherente y definida, de tal manera que puedan visualizarse con claridad los objetivos y retos que se pretenden alcanzar en el periodo establecido. Cabe mencionar que los planteamientos expresados en este plan fueron enriquecidos con la participación del personal del CGEO, así como también de los miembros del Consejo Interno, ante quienes fue presentado este documento. Asimismo, debe señalarse que este Plan se encuentran en concordancia con los puntos fundamentales plasmados en el Plan de Desarrollo 2008-2011, propuesto por el Sr. Rector de la UNAM durante su actual gestión.

El plan de Desarrollo para el CGEO está estructurado en 3 partes fundamentales que contienen: I) una descripción del contexto actual, los avances logrados y los retos por vencer en el CGEO; II) Las estrategias y acciones que serán empleadas en los diferentes ámbitos de investigación; formación de recursos humanos y docencia; difusión y divulgación de la ciencia; gobierno y administración; III) la visión de lo que se espera para este periodo, que incluye el objetivo principal del Plan y los requerimientos a corto plazo en cuanto al reforzamiento de la planta académica y administrativa, recursos e infraestructura necesaria.

## ***I. CONTEXTO ACTUAL***

Nuestro planeta atraviesa por una etapa crítica enmarcada en un proceso de flanco deterioro. El cada vez más marcado desequilibrio que existe entre el acelerado crecimiento poblacional y la continua disminución de los recursos que requiere el hombre para satisfacer sus necesidades ha favorecido esa situación. Los problemas que vive el mundo en estos días como el declive de la producción petrolera y la necesidad de encontrar nuevas fuentes de energía renovables, el cambio climático y sus consecuencias como la escasez de agua, deforestación, desertificación, etc., la contaminación ambiental y su entorno (suelo, agua, aire), los riesgos geológicos (hundimientos, terremotos, erupciones volcánicas, etc.) son ejemplos de algunas de las áreas prioritarias hacia donde deben estar encaminados nuestros esfuerzos en el futuro. La contribución que pueden aportar las geociencias para enfrentar esa problemática es de gran relevancia y definitivamente debe ser considerada como prioritaria en los planes de desarrollo de toda institución que realice investigación en Ciencias de la Tierra.

Las Geociencias juegan un papel fundamental en la exploración de los recursos necesarios para el hombre como el agua, los yacimientos minerales, los recursos energéticos como el petróleo, la geotermia, etc., así como también en la comprensión de los fenómenos internos y su interacción con los procesos externos, que permiten entender como funciona el entorno que nos rodea y ayudan a anticipar su posible comportamiento en el futuro. A pesar de su importancia, las Geociencias en nuestro país se han ubicado siempre en un segundo plano en cuanto a apoyos para la investigación científica, siguiendo las políticas gubernamentales que no las consideran como un asunto prioritario. Adicionalmente, es bien sabido que el número de investigadores de esta área es aún muy reducido para atender las demandas de la población y coadyuvar a la solución de los problemas actuales.

En este contexto, el Centro de Geociencias debe asumir con mayor responsabilidad un papel mas activo en la búsqueda de soluciones y propuestas que permitan lograr un mayor impacto del quehacer geocientífico en la sociedad mexicana. Es importante tener siempre en mente el compromiso que tenemos con la sociedad, realizando la investigación científica de la más alta calidad posible, buscando obtener resultados que logren incidir en un mejor

conocimiento de la geología de nuestro territorio, y el aprovechamiento óptimo de sus recursos naturales y la protección del medio ambiente, formando futuros profesionistas con los más altos estándares académicos, fomentando una educación para la población en materia de geociencias a través de planes formales de divulgación, que permitan no solo ampliar su cultura general sino también sirvan para entender la naturaleza de los fenómenos que pueden amenazar su entorno.

### **I.1 Avances**

El CGEO cumple sus primeros 8 años de actividades, a lo largo de los cuales se han logrado importantes avances en diferentes campos de la investigación científica, la formación de recursos humanos y docencia, difusión y divulgación científica, vinculación con la sociedad e infraestructura. Algunos de los indicadores más importantes muestran un crecimiento sostenido en la actividad académica, que coloca al CGEO como uno de los centros de investigación en Ciencias de la Tierra más importantes del país, con un claro liderazgo en algunas áreas que lo sitúan como un referente importante a nivel internacional.

El crecimiento observado en el CGEO involucra no solo un incremento en su planta académica, que aumentó de 27 a 36 investigadores, y de 11 a 15 técnicos académicos, sino también en su promoción a niveles superiores en los esquemas de evaluación, como por ejemplo en el PRIDE, en el que el número de académicos se incrementó de 5 a 13 académicos para el nivel “D”, y de 18 a 28 académicos en el nivel “C”; o como en el caso del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), en donde el número de académicos aumentó de 28 a 35, y el número de investigadores que han alcanzado el nivel III, pasó de 0 a 5. Asimismo, existen ahora 8 investigadores que han logrado el máximo nivel de titularidad (C) en el CGEO, cuando al inicio solamente existían 2 investigadores titulares; ahora son 12 investigadores titulares B, 13 son titulares A, y solamente 3 son asociados C. En cuanto a técnicos académicos, existían 5 técnicos titulares (2 titulares nivel A, 2 titulares B y dos C) y ahora hay 9, de los cuales 7 son titulares A, uno titular B y dos titular C.

En lo que respecta a formación de recursos humanos, se ha tenido un crecimiento muy acelerado. En sus inicios existían solamente 13 estudiantes (7 de posgrado y 6 de licenciatura),

pero el número se ha incrementado considerablemente hasta 67 estudiantes de posgrado y 22 de licenciatura. En el CGEO se han graduado un total de 36 doctores, 47 maestros y 61 de nivel licenciatura, procedentes de 25 diferentes instituciones educativas. En general, se tienen en promedio de 0.4 graduados de posgrado por investigador al año, aunque para el caso de doctorado este número es de solo 0.14 doctorados por investigador por año que está ligeramente por encima del promedio del subsistema de la Investigación Científica de la UNAM.

En lo correspondiente al desarrollo de nueva infraestructura, se destaca la adecuación y equipamiento de los Laboratorios de: Estudios Isotópicos y cuarto ultralimpio (Espectrómetro LA-ICPMS), Geoquímica ambiental (Espectrómetro ICP-OES, cromatógrafo de líquidos, Espectrofotómetro de Absorción atómica, FIAS, etc.), Geoquímica de fluidos corticales (SEM-EDS, microscopios de alta resolución, platinas de catodoluminiscencia y termometría, etc.), Mecánica multiescalar de geosistemas (radar de penetración terrestre, sismógrafo, sistemas automatizados de modelado analógico, etc.), Móvil de rastreo de contaminantes, Geodinámica computacional (servidor Horus, centro de visualización 3D), renovación de vehículos para trabajos de campo, y equipamiento diverso en varios laboratorios: Exploración Geofísica, Paleomagnetismo, Edafología y Vulcanología, etc. Al igual que otras obras de infraestructura como el Observatorio de Geoelectromagnetismo, la Litoteca y la creación de la Biblioteca del Campus Juriquilla. Ahora se encuentran en proceso de instalación nuevos equipos, y adecuaciones a nuevos laboratorios que forman parte de la estrategia del presente plan de desarrollo y serán detalladas más adelante.

En lo referente a productividad académica, los números reportados indican que ésta se ha mantenido en niveles altos que varían entre 0.9 a 1.9 artículos en revistas inscritas en el SCI por investigador. Es importante considerar que esos números consideran la publicación, en muchos casos, en revistas del más alto impacto existentes en las Ciencias de la Tierra (2.1-3.8). Por su parte, las actividades de divulgación científica se han visto multiplicadas, particularmente en el 2009 con la celebración del Año Internacional de la Tierra. Asimismo, debe destacarse el intenso trabajo editorial, tanto en lo que corresponde a revistas científicas como la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, que ha logrado consolidarse al ingresar al

sistema SCI y permanecer ahora con un índice de impacto de 1.2, como en en la edición de varios libros, resúmenes y memorias de congresos, y páginas web.

## **I.2 Retos**

A pesar de los logros alcanzados por el CGEO hasta la fecha, debe reconocerse que aún hace falta mucho por hacer, particularmente en lo referente a la obtención de una mayor y más efectiva integración del trabajo académico. Para ello es importante retomar la visión original del Centro para consolidarlo como un polo de desarrollo científico con reconocimiento internacional, que se distinga por sus esfuerzos en la consolidación de grupos multidisciplinarios que aborden los problemas estratégicos con la finalidad de dar respuesta a las necesidades actuales que vive el país, con un enfoque integral y moderno.

La conjunción de esfuerzos de los académicos pertenecientes a las diferentes áreas que integran al Centro: Geofísica, Geología y Geoquímica, es una gran oportunidad que debe ser aprovechada mejor para fortalecer el desarrollo geocientífico, beneficiándose de la riqueza metodológica y conceptual que cada una de esas áreas posee, lo que permitirá potenciar los esfuerzos individuales, haciendo más eficiente el trabajo académico de excelencia. Es indiscutible que esto permitirá abrir o ampliar los horizontes de investigación científica que aún no han sido debidamente explorados, lo que seguramente conllevará a resultados de mayor impacto que puedan trascender en diferentes niveles tanto locales, como nacionales e incluso internacionales.

El propiciar una mayor interacción entre los diversos grupos de trabajo para abordar problemas científicos ambiciosos y de mayor envergadura, y que de manera paralela incidan en nuevos esquemas de vinculación, que contribuyan más ampliamente a la solución de problemas específicos, será sin duda uno de los retos principales que debe enfrentar el Centro para el presente período. Esto puede ser facilitado mediante acciones que propicien una comunicación más efectiva de los académicos, en el marco de un ambiente más activo que estimule aún más la colaboración y que promueva el potencial que tiene esta entidad para alcanzar metas más altas.



Otro de los retos importantes para el Centro será la puesta en marcha y organización de la nueva Licenciatura en Ciencias de la Tierra, coordinada por la Facultad de Ciencias, en donde el CGEO tendrá una participación de gran relevancia en lo que respecta a planta docente e infraestructura. Esta licenciatura presenta un programa ambicioso e innovador que pretende contribuir a resolver una creciente necesidad para contar con recursos humanos de alta calidad en las Ciencias de la Tierra, con enfoques en diferentes áreas estratégicas de interés a nivel nacional.

El fortalecimiento del posgrado en Ciencias de la Tierra, y ahora también de la licenciatura, será siempre una prioridad para el CGEO, ya que son piezas fundamentales para lograr formar a los mejores profesionistas o futuros investigadores en las Ciencias de la Tierra del país, siempre procurando que sean con los más altos niveles de calidad que les permita competir con sus equivalentes de cualquier parte del mundo. Los esfuerzos estarán enfocados al mejoramiento de la calidad de enseñanza, a elevar los niveles de eficiencia terminal en el posgrado, a incidir en los mecanismos de selección que permitan contar con los mejores aspirantes al posgrado, a gestionar más apoyos para fortalecer las tareas docentes, a promover una mayor interacción con las entidades académicas de la UNAM y con otras instituciones de educación superior regionales para reforzar estas actividades, propiciando el uso de nuevas tecnologías y fomentando una mayor movilidad estudiantil y de cuerpos docentes.

Para satisfacer las necesidades de crecimiento esperadas para el Centro en este período será necesaria la oportuna gestión de apoyos tanto institucionales como externos con la finalidad de fortalecer las tareas sustantivas de investigación, docencia y difusión científicas, mediante la ampliación de espacios físicos destinados a la construcción de nuevos cubículos, aulas y laboratorios, así como en lo que corresponde a recursos humanos tanto en áreas administrativas y de apoyo técnico como en la creación de plazas académicas nuevas tanto de investigadores en diferentes áreas consideradas como prioritarias en este plan, como de técnico académicos para los diferentes laboratorios y talleres de servicio. Es imperativo incrementar el presupuesto operativo del Centro, ya que los recursos otorgados no satisfacen hoy en día las necesidades mínimas de operación del CGEO.

La vinculación con los sectores productivos y agencias gubernamentales de diferentes niveles deberá intensificarse en la medida de lo posible, a fin de lograr un incremento significativo en el número y monto de convenios y proyectos financiados, que faciliten la generación de ingresos extraordinarios para el financiamiento que complemente el presupuesto institucional, que también deberá ser negociado para lograr cubrir las necesidades mínimas indispensables para el adecuado funcionamiento del Centro.

Asimismo, es indispensable buscar e identificar las áreas de oportunidad que han sido poco exploradas y donde es indispensable reforzar la vinculación del CGEO, desde los sectores educativo en sus diferentes niveles (universidades locales y a nivel regional, medio superior, secundaria y primaria), y sector gubernamental (municipal, estatal, estados aledaños; paraestatales, etc.), hasta el productivo y social (público en general), para el logro de resultados más efectivos y de mayor trascendencia. Deben buscarse colaboraciones con las instituciones de educación superior tanto a nivel local como regional, ya sean públicas o privadas, para el mejor aprovechamiento de los recursos e infraestructura existentes. Existe un interés particular por fortalecer las colaboraciones con la Universidad Autónoma de Querétaro con la cual compartimos el campus Juriquilla

En lo referente a infraestructura analítica, será muy importante asegurar el funcionamiento en óptimas condiciones de los nuevos equipos que se encuentran en proceso de instalación, así como de los ya existentes, y proporcionarles el mantenimiento adecuado para garantizar una vida útil prolongada de los mismos. Es conveniente buscar sinergias con otras instituciones académicas para el óptimo aprovechamiento de esos recursos analíticos y así lograr un beneficio más amplio en el desarrollo de nuevas metodologías y técnicas de análisis de diversos materiales geológicos, que permitirán ubicar al CGEO como líder en ese campo analítico.

Es importante continuar trabajando arduamente para lograr un mayor reconocimiento por parte de las autoridades de los diferentes niveles de gobierno, y algunas instituciones educativas de la región, acerca del trabajo que el CGEO lleva a cabo a fin de tener una mayor

presencia a nivel local, estatal y regional, para que la sociedad en general conozca de los logros y, en su caso, pueda usarlos para su beneficio.

El cumplimiento cabal de los retos planteados fortalecerá la consolidación del Centro de Geociencias como un centro multidisciplinario de excelencia en las Ciencias de la Tierra, lo que eventualmente culminará en su transformación de Centro a Instituto.

## **II. ESTRATEGIAS DEL PLAN**

El Plan de Desarrollo 2010-2014 para el Centro de Geociencias contempla diferentes estrategias y acciones ordenadas en torno a los temas principales como son la Investigación, Formación de Recursos Humanos y Docencia; Difusión y Divulgación; y Gestión y Administración. Las actividades de vinculación con los diferentes sectores del país son consideradas de gran importancia en este plan, como se describió anteriormente, y se encuentran plasmadas en los temas principales del Plan.

### **II.1 Investigación**

El planteamiento detallado de las estrategias fundamentales que constituyen la estructura principal de este Plan de Desarrollo, se llevó a cabo considerando un análisis riguroso de las líneas de investigación cultivadas en el CGEO.

#### *II.1.1 Actualización de las líneas de investigación*

Con la finalidad de iniciar una organización más sistemática y con un enfoque más moderno del trabajo científico de los académicos del CGEO, se llevó a cabo una revisión de las líneas de investigación existentes que estuvieron vigentes en los periodos pasados. Las propuestas aquí presentadas fueron el resultado de la participación del personal académico del CGEO y reflejan las actividades a las que ahora se encuentra enfocado su trabajo académico. La actualización de dichas líneas es indispensable para la formulación de las estrategias y acciones a seguir de acuerdo con los ejes rectores propuestos en este Plan de Desarrollo. Como resultado del análisis realizado, se proponen 10 líneas de investigación, cuyo contenido general se describe a continuación:

##### 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 de rocas y depósitos de materiales terrestres sin consolidar.

#### 4. Evolución de centros volcánicos

Esta línea está enfocada al estudio del origen y evolución de la actividad volcánica 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 y el mundo. 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. El agua seguirá siendo un tema de investigación prioritario y estratégico a futuro, al igual que el estudio de los procesos de contaminación ambiental en la interacción suelo-roca, aire y agua. La investigación es cualitativa y cuantitativa, y emplea herramientas geológicas, geofísicas y geoquímicas tradicionales, por lo que la interacción con otras ramas de las Geociencias es constante. 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 microbialitas 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) Estudios detallados sobre la historia eruptiva de los volcanes y los alcances de sus depósitos, así como simulaciones numéricas de posibles escenarios eruptivos.
- 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 variaciones en función del tiempo permite su aplicación en los estudios de: arqueomagnetismo, fechamientos de rocas recientes, magnetoestratigrafía y reconstrucciones tectónicas.

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 y 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 sitios, y correlacionando con observaciones del radiotelescopio de centelleo interplanetario, en Coeneo, Mich.

#### 9. Recursos energéticos y minerales

Esta línea incluye tanto el estudio de los fenómenos hidrotermales fósiles y actuales, mineralizados o no, como el estudio de la diagénesis de carbonatos y de su impacto sobre el sistema petrolero, en particular las condiciones físicas de los reservorios. En ambos casos los enfoques necesitan un acercamiento multidisciplinario implicando un 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.

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

El principal desafío de esta línea de investigación transdisciplinar 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 (*power laws*) 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 llegan al sector responsable de la toma de decisiones en diversos ámbitos.

### *II.1.2 Estrategias y acciones*

Considerando la situación del entorno actual antes descrito, se proponen las estrategias que tienen como objetivos generales: incrementar la vinculación de la investigación con los problemas prioritarios para el desarrollo nacional, consolidar la posición de vanguardia de la investigación en geociencias, elevar su calidad y productividad, y constituirse en un referente regional, nacional e internacional mediante el liderazgo de sus investigaciones en el ámbito de las Geociencias. Las estrategias y acciones a seguir son descritas a continuación:

A) Identificar oportunidades en áreas estratégicas que sean de beneficio a la sociedad e impacten en el desarrollo de las geociencias a nivel tanto nacional como internacional. Como resultado de esto, se propone la formación de proyectos grupales a largo plazo, que permitan una mayor integración de los académicos del CGEO y la búsqueda de investigaciones científicas de gran impacto y en temas de frontera, atacando algunos de los problemas nacionales ya reconocidos. La búsqueda de oportunidades debe ser extendida al ámbito

internacional, de acuerdo con las tendencias y enfoques metodológicos de excelencia que coloquen el Centro de Geociencias a la vanguardia en el terreno de las geociencias.

B) Impulsar la formación de redes de investigación en el estado de Querétaro y de instituciones geocientíficas a nivel nacional. Esto facilitará la colaboración con especialistas de áreas distintas a las geociencias y motivará el desarrollo de trabajos multidisciplinarios. Para este fin deben considerarse las redes temáticas de investigación que recientemente han sido creadas por parte del CONACYT, entre las que se incluyen temas relacionados con las Ciencias de la Tierra como el Agua, las Fuentes de Energía y el Medio Ambiente. Además de incidir en las redes ya existentes, se deben proponer nuevas redes de investigación que aún no han sido consideradas, en temas como los riesgos geológicos, en particular en áreas como la sismicidad, el vulcanismo activo, los deslizamientos de tierra, la subsidencia del terreno, etc., que tienen un impacto directo en la población. Otras redes como la geotermia, puede ofrecer perspectivas interesantes a futuro, ya que constituye una fuente alterna complementaria de energía que resulta estratégica para el país. Una activa participación de investigadores del CGEO en esas redes favorecerá su eventual liderazgo en algunos campos particulares de las Geociencias.

Buscar sinergias con dependencias afines tanto de la UNAM, como los Institutos de Geología, Geofísica y Geografía, y otros Centros de Investigación, como con Universidades e institutos de investigación tanto a nivel nacional como en el extranjero, para fortalecer la calidad de la investigación, y motivar el intercambio académico de profesores y estudiantes. Es particularmente importante fortalecer los vínculos con las Universidades locales como la UAQ, y a nivel regional (San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, etc.) para incidir en áreas de interés común para la solución de problemas particulares de la zona o región.

C) Fomentar una más estrecha vinculación con entidades públicas y privadas, agencias gubernamentales y con dependencias paraestatales (como PEMEX, CFE, CNA, Servicio Geológico Mexicano, etc.), encaminados a la investigación de áreas prioritarias como el agua, recursos minerales, medio ambiente, protección civil, e incluso turismo (propuesta de geotours, geoparques, centros para visitantes). Es muy importante tener una mayor incidencia

en el ámbito local y regional, particularmente con el gobierno del Estado de Querétaro y con los de los estados circunvecinos como San Luis Potosí y Guanajuato, a través de convenios de colaboración con diferentes entidades de Protección Civil, y diferentes secretarías de estado encargadas de la Protección del Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable, entre otras, colaborando en la elaboración de diversos productos de interés regional (por ejemplo: la cartografía geológica del estado, cartografía geofísica: gravimétricas, magnetométricas, inventario de recursos minerales, además de atlas de riesgos geológicos).

D) Incidir en propuestas que permitan una ponderación más adecuada del trabajo particular que se desarrolla en el área de las geociencias ante las diferentes instancias de evaluación académica (promociones académicas, PRIDE, SNI, etc.), a fin de valorar algunos puntos que resultan básicos para la investigación geocientífica en México, como son por ejemplo la cartografía geológica, la instalación de redes geofísicas (sísmológicas, radón, etc.). Incorporar criterios de evaluación más amplios e incluyentes que consideren las aportaciones más significativas en este ámbito, considerando propuestas de equivalencia académica a la producción primaria, particularmente en lo referente a productos de divulgación científica de alta calidad y a productos de aplicación para impulsar el desarrollo social y tecnológico del país.

## **II.2 Formación de Recursos Humanos y Docencia**

El mejoramiento de la calidad educativa mediante el fortalecimiento de los programas de los diferentes niveles educativos (Licenciatura, Maestría y Doctorado) son uno de los ejes rectores de este Plan de Desarrollo. La formación de recursos humanos de alta calidad es una de las prioridades y contempla los siguientes puntos:

### *II.2.1 Docencia*

A) Fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje, mediante la introducción de nuevas técnicas didácticas y metodologías innovadoras que permitan elevar la calidad de la enseñanza, y redunden en un mejoramiento general del sistema educativo. La continua capacitación y actualización de los profesores debe ser parte de un programa que promueva la

introducción de métodos pedagógicos modernos que redunden en un mejor aprovechamiento.

B) Fomentar actividades académicas para mejorar la capacitación de los estudiantes a través de cursos especializados a nivel técnico, por ejemplo aprendiendo nuevas técnicas analíticas, preparación y procesamiento de muestras de diferentes tipos, técnicas de muestreo para diferentes propósitos, cartografía geológica, estructural o de otro tipo, instalación de instrumentación geofísica, etc.

C) Promover que los estudiantes de posgrado tengan una mayor participación en actividades docentes para que adquieran experiencia y apoyen labores de difusión científica de una manera más sistemática. Promover una participación más activa de los estudiantes en la organización de eventos tales como congresos estudiantiles, seminarios internos, etc. en donde los estudiantes puedan presentar los avances de sus investigaciones, favoreciendo la difusión de los temas que se están desarrollando en el centro y favoreciendo una mayor integración entre académicos y estudiantes.

D) Impulsar la impartición de cursos a distancia, aprovechando los avances tecnológicos para hacer más eficiente la docencia.

### *II.2.2 Licenciatura*

A) Impulsar conjuntamente con la Facultad de Ciencias los trabajos necesarios en materia de infraestructura, laboratorios, planta académica, etc., dirigidos a la puesta en marcha y organización académica de la nueva Licenciatura en Ciencia de la Tierra, de una manera exitosa.

B) Establecer un programa sólido de promoción de la Licenciatura, especialmente en el inicio de sus actividades a fin de dar a conocer su plan de estudios, particularmente a los estudiantes de los últimos semestres de los diferentes centros educativos de nivel medio superior de la localidad.

C) Fomentar una activa participación de los académicos del CGEO en los programas docentes de la nueva licenciatura, de manera que no solo se capacite al estudiante en áreas específicas dentro de su plan de estudios, sino también atrayendo a los estudiantes más competentes a programas especiales de capacitación sobre técnicas más especializadas que sirvan de apoyo a las investigaciones del CGEO.

D) Implementar un programa estructurado de becas de calidad para apoyar a estudiantes de alto rendimiento académico en sus proyectos académicos, que incluya no solo a estudiantes de nivel licenciatura, sino también a los de servicio social y a estudiantes de posgrado, en sus fases terminales.

### *II.2.3 Posgrado*

A) Fortalecer las actividades para mejorar la calidad del Posgrado en Ciencia de la Tierra, incidiendo en los mecanismos que permitan hacer una mejor selección de estudiantes, mediante la revisión de los mecanismos de admisión, incluyendo exámenes (ponderación por áreas), entrevistas y un análisis riguroso de los requerimientos de permanencia; todo lo cual deberá conducir a mejorar la eficiencia terminal de los estudiantes del Posgrado.

B) Impulsar la promoción del posgrado y proponer la instauración de cursos propedéuticos que faciliten el mecanismo de selección para conseguir a los mejores estudiantes de universidades tanto nacionales como extranjeras.

C) Impulsar la movilidad nacional e internacional de alumnos y profesores a través de convenios y programas de intercambio tanto nacionales como extranjeros para lograr una preparación académica de mayor nivel y más competitiva.

E) Dar seguimiento a los egresados para obtener datos sobre la eficiencia de nuestro posgrado en cuanto a la demanda nacional y así poder detectar y fortalecer las áreas de mayor demanda.

F) Fomentar la impartición de cursos a distancia para beneficio tanto de nuestros estudiantes

como de aquellos de universidades externas.

#### *II.2.4 Educación continua y Diplomados*

Fomentar la impartición de diplomados y cursos de actualización en diferentes niveles, desde público en general, hasta personal especializado de empresas privadas, instituciones gubernamentales o paraestatales en diferentes áreas que incluyan temas ambientales, de protección del medio ambiente, de capacitación técnica en asignaturas especializadas, etc.

#### *II.2.5 Programas complementarios*

A) Implementar acciones para promover el servicio social de manera más estructurada para beneficio de las investigaciones del CGEO y de las instituciones de procedencia de los estudiantes al proporcionarles capacitación especializada.

B) Fortalecer los programas de prácticas profesionales o estancias temporales de estudiantes como el verano de la Investigación Científica y otros más para apoyar labores de tutoría.

### **II.3 Difusión y divulgación científicas**

La difusión de la ciencia es otro de los ejes rectores de este Plan y no debe ser considerada como una actividad secundaria. Es importante fortalecer las funciones que permitan permear de una manera más directa a todos los sectores de la población, para mejorar su educación en materia de Ciencias de la Tierra. El conocimiento sobre los procesos y fuerzas naturales que gobiernan al Planeta conducirán eventualmente a lograr un mejor entendimiento del mismo, lo que permitirá una convivencia más armónica a futuro.

Algunas estrategias que se plantean en cuanto a Difusión y Divulgación de la Ciencia son:

A) Impulsar de una manera más organizada y sistemática la difusión de las geociencias, mediante la organización de diferentes foros académicos como son: mesas redondas en donde se discutan temas de actualidad en las geociencias (cambio climático, recursos de la Tierra,

agua, crisis energética, catástrofes naturales, etc.), talleres científicos para profesionistas, excursiones geológicas temáticas (por ejemplo: tectónica activa, vulcanismo, yacimientos minerales), etc.

B) Continuar apoyando la edición de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas y fortalecer su comité editorial y las acciones que mejoren su consolidación como revista reconocida por los índices científicos internacionales. Fomentar la participación de los académicos en otros órganos de difusión como el “bol-e”, “serendipia” o revistas similares, etc. Mejorar la difusión de estos medios para hacerlos llegar al público más adecuado y de una manera mucho más amplia.

C) Fomentar una mayor participación de académicos y estudiantes en actividades de divulgación mediante la organización más sistemática de diferentes programas que permitan tener una mayor presencia en el ámbito local y regional. Se contempla la instauración de diversos programas estructurados como son: Charlas de Divulgación periódicas dirigidas a todo público, visitas guiadas por parte de colegios del estado de Querétaro, seminarios temáticos sobre asuntos de interés público, seminarios internos de carácter técnico, cursos de verano y talleres para estudiantes de diferentes niveles, conferencistas invitados de renombre, de programas de radio y TV, revistas, semanarios, periódicos, exposiciones, etc.

D) Ampliar las redes de vinculación con el sector educativo en los niveles elementales, así como los de educación media y media-superior, extendiendo la transmisión del conocimiento científico hacia sectores cada vez más amplios de la sociedad por medio de mejores acciones de divulgación y de difusión. Se dará continuidad a los programas como son los Talleres de Ciencias para jóvenes, y el programa denominado Cadena por la Ciencia, que han resultado ser muy exitosos por su impacto a nivel local y regional.

E) Promover la creación de una sala del Sistema Tierra, colaborando en el diseño y organización de la misma, formando parte de un Museo de las Ciencias o recinto similar. En el CGEO es indispensable contar con una pequeña sala de exhibición de rocas, suelos, minerales, fósiles, etc. que permita mostrar a estudiantes y público en general los materiales de la Tierra



con los que se trabaja en las Ciencias de la Tierra, con un propósito de capacitación y divulgación.

F) Fomentar la organización de foros académicos, ya sean reuniones científicas, coloquios o congresos, en el marco de asociaciones internacionales de Geociencias (IAVCEI, AGU, GSA).

## **II.4 Gobierno y Administración**

Fortalecer la estructura de gobierno y la administración del CGEO con el fin de mejorar los mecanismos operativos que le permitan un funcionamiento más eficiente, de tal manera que puedan simplificarse las actividades de administración que se encuentran al servicio de la academia, para facilitar su trabajo y hacerlo más eficiente.

### *II.4.1 Gobierno*

Fortalecer el trabajo académico de los diferentes cuerpos colegiados que integran el Centro de Geociencias para cumplir con correcta operación de sus labores en todos los ámbitos, para beneficio de la institución.

A) Fortalecer las funciones del Consejo Interno, a fin de que exista una mayor participación en las decisiones sustantivas que tienen que ver con el manejo del CGEO. Fomentar un papel más activo de los representantes de cada una de las áreas de conocimiento, con la finalidad de que las voces de todos los académicos sean escuchadas en el Consejo a través de sus representantes. Comunicar las resoluciones de los cuerpos colegiados (Consejo Interno) a la comunidad académica para su conocimiento a través de la página WEB.

B) Alentar una participación más activa del Colegio del Personal Académico por medio del diálogo y la concertación, para la discusión y propuesta de planes de trabajo y de desarrollo del CGEO, siguiendo las directrices que conduzcan a la consolidación académica del mismo.

C) Fortalecer la participación de los investigadores del CGEO en los consejos académicos de la UNAM (i.e. CAACFMI) o en comisiones especiales para apoyar procesos de revisión académica.

D) Proponer ante el Consejo Técnico de la Investigación Científica las iniciativas que conlleven al fortalecimiento académico del CGEO e incidan en las decisiones colegiadas más pertinentes para beneficio del Centro y de la Universidad.

E) Proponer la formación de un comité de ética que permita evaluar y normar el comportamiento y las acciones del personal académico dentro de un marco de legalidad, respeto y confianza para beneficio de la comunidad del CGEO.

F) Informar oportunamente sobre las actividades académicas, proyectos, planes, alcances, resultados y situación financiera del CGEO.

#### *II.4.2 Administración*

Fomentar la modernización y simplificación de los procesos administrativos para beneficio del trabajo académico en términos de eficiencia y rendimiento.

A) Proponer esquemas de simplificación administrativa para la realización de trámites, intentando reducir al mínimo el proceso burocrático, lo que facilitará el trabajo meramente académico. Implementar un sistema de consulta en línea de estados de cuenta para los proyectos de investigación en sus diferentes modalidades.

B) Promover un enlace más eficiente entre la dirección, secretaría académica, posgrado y administración general para agilizar los procedimientos administrativos.

C) Modernizar los sistemas de organización y archivo de la información administrativa del CGEO, mejorando el control de proyectos y convenios, para agilizar su operación administrativa.

D) Fomentar una mayor eficiencia y modernizar los servicios de internet, correo electrónico, actualización de páginas web, videoconferencias, entre otros, a fin de mejorar las rutas de comunicación con el exterior y favorecer una mayor vinculación con diferentes medios de comunicación. Fortalecer los sistemas y redes de cómputo para un óptimo funcionamiento, y mantenerse actualizados en materia de equipamiento, seguridad y avances tecnológicos.

#### *II.4.3 Nuevas áreas de apoyo*

A) Proponer la creación de un área técnica que pueda realizar labores de mantenimiento y supervisión de todos los sistemas de operación que permitan el correcto funcionamiento del Centro.

B) Proponer la creación de un área de apoyo para atender adecuadamente las múltiples tareas de vinculación del CGEO con los diferentes sectores universitarios, educativos, gubernamentales, productivos y sociales.

C) Formalizar la sección de difusión y divulgación, de manera que ejerza mejor sus funciones y se integre al trabajo que realizan otras dependencias del campus en diferentes eventos en los que la UNAM participa a nivel institucional.

### **III. VISIÓN Y RECURSOS A FUTURO**

La visión que se plantea para el Centro de Geociencias en los próximos años considera el fortalecimiento de todas y cada una de sus tareas sustantivas en los ámbitos académicos y administrativos, para hacer del CGEO uno de los mejores centros de investigación en Ciencias de la Tierra del país, con liderazgo en muchas de sus líneas de investigación, que tenga un fuerte impacto en su entorno local y regional, y sea un referente de la investigación geocientífica para el resto del mundo.

La diversidad temática, conceptual, metodológica e instrumental que posee el CGEO lo convierte en una institución especial con oportunidades únicas para consolidarse como un centro de excelencia a nivel mundial en áreas de las Ciencias de la Tierra.

#### **III.1 Objetivo general del Plan**

Consolidar el trabajo de los académicos del Centro de Geociencias como un grupo de investigación integrado mediante la conjunción de esfuerzos dirigidos hacia un objetivo común con un enfoque moderno y multidisciplinario, encaminados hacia la realización de 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, y que tenga un impacto directo sobre la sociedad al formar investigadores del más alto nivel académico y difundir, de una manera más efectiva y profunda, el conocimiento de las geociencias.

El logro exitoso del objetivo general planteado en este Plan de Desarrollo facilitará la eventual transformación del Centro de Geociencias en Instituto de Geociencias dentro de este periodo.

### **III.2 Grupos y líneas de investigación**

Las líneas de investigación propuestas para agrupar el trabajo académico de los académicos del Centro de Geociencias permiten visualizar los campos de oportunidad en donde se concentra el trabajo de los investigadores de las diferentes áreas (Geofísica, Geología y Geoquímica) con la idea de integrar grupos particulares entorno a temas de frontera científica, de impacto social, o bien de enfoques estratégicos y prioritarios para las políticas actuales que vive el país.

La propuesta de participación y conformación de diferentes redes de investigación, tanto dentro del esquema planteado por CONACYT, como otros en el ámbito local, nacional, latinoamericano o mundial, será fundamental para alcanzar la componente multidisciplinaria que refleja el espíritu académico original del Centro de Geociencias desde su creación. En particular, se incidirá en la conformación de nuevas redes de investigación que involucren temas estratégicos como los riesgos geológicos encaminados a la prevención de desastres naturales, particularmente en lo referente a actividad sísmica y volcánica, deslizamientos, fenómenos de subsidencia del terreno, problemas de contaminación del terreno, recursos energéticos apoyando la exploración petrolera o de fuentes alternativas de energía como la geotermia. Asimismo, existe gran interés por promover la participación en otras redes ya existentes como el agua (exploración, conservación, contaminación, etc.), medio ambiente, cambio climático, que serán abordados a nivel mundial y marcarán la pauta de la investigación científica a futuro.

La mayoría de los investigadores participa en varias de las líneas de investigación, aspecto que facilitará la interacción académica y la posible formulación de nuevas colaboraciones dentro de los esquemas existentes o buscando nuevas oportunidades académicas. Las contribuciones científicas que se esperan lograr en los próximos años confirmarán el liderazgo en líneas como: Procesos geodinámicos de la litósfera, Estructura y deformación de la corteza terrestre y, Estratigrafía y evolución de las provincias geológicas de México, Análisis y modelación de Sistemas Complejos y procesos no lineales, y consolidarán otras como Evolución de centros volcánicos de México, Procesos magmáticos y metamórficos, y su relación con la tectónica de placas, Variaciones de campo geomagnético: procesos internos y

externos, y Relaciones Sol-Tierra, Geosistemas ambientales, Análisis y evaluación de peligros naturales, Recursos energéticos y minerales.

### **III.3 Recursos Requeridos**

Se prevé la contratación de personal académico, tanto de investigadores como técnicos académicos, estudiantes posdoctorales, personal administrativo de apoyo, y profesores visitantes en estancias temporales. El incremento del número de investigadores del CGEO estará en función de la situación económica y las necesidades en áreas prioritarias.

#### *III.3.1 Recursos Humanos*

A) Investigadores. De acuerdo a las líneas de investigación propuestas, al objetivo general y estrategias planteadas en el mismo, se prevé que se requerirá para los próximos 4 años la contratación de un mínimo de 5 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) Métodos de prospección geofísica, con experiencia en gravimetría, métodos eléctricos, magnéticos y otros. Se considera que es también un área estratégica que permitirá complementar el empleo de métodos de exploración geofísica cuyas aplicaciones son muy variadas tanto para problemas de investigación básica como a la exploración de diferentes recursos geológicos. Con la incorporación de este investigador se podrían reforzarían varias líneas de investigación como son: Procesos geodinámicos de la litósfera, Estructura y deformación de la corteza terrestre, e inclusive también Estratigrafía y evolución de las provincias geológicas de México, y Variaciones de campo geomagnético: procesos internos y externos, y Relaciones Sol-Tierra.
- 2) Geoquímica de fluidos, enfocados a los procesos de interacción agua-roca. Esta es un área estratégica para complementar investigaciones en torno a recursos energéticos como la geotermia, migración de fluidos en sistemas petroleros, yacimientos minerales, entre otros. En este momento no existe un especialista en el CGEO dedicado a esas

disciplinas, pero se espera que su incorporación al CGEO complemente el trabajo que desarrolla el grupo de investigadores que integran la línea de Recursos energéticos y Minerales, y seguramente también en otras como: Análisis y modelación de Sistemas Complejos y procesos no lineales, Procesos magmáticos y metamórficos, y su relación con la tectónica de placas, y Geosistemas ambientales.

- 3) Geohidrología, con especial énfasis en aguas subterráneas. Esta es una de las áreas que se han identificado como prioritarias en lo referente a exploración y conservación de uno de los recursos no renovables más importantes para la sociedad el futuro. En el CGEO solamente existe un investigador en esa área, pero no es suficiente para enfrentar los retos que tiene ese recurso en los próximos años. Reforzaré al grupo que integra la línea de Geosistemas ambientales.
- 4) Sedimentología y petrología sedimentaria. A pesar de tratarse de una importante área de la geología, no existen especialistas en el CGEO que se dediquen a la misma. Este campo incide en varias líneas de investigación, como son al menos: Estratigrafía y evolución de las provincias geológicas de México, Estructura y deformación de la corteza terrestre.
- 5) Geología ambiental, con un enfoque hacia la evaluación y gestión de los riesgos geológicos, la conservación del medio ambiente, ordenamiento territorial, entre otros. Esta es otra importante área prioritaria que tiene incidencia directa en investigación relacionadas a la prevención de desastres naturales, particularmente de tipo geológico. El especialista de esta área reforzará preferentemente la línea Análisis y evaluación de peligros naturales, pero también podrá incidir en la línea Geosistemas ambientales.

B) Técnicos académicos. Se requiere la contratación de al menos cuatro técnicos que cubran las siguientes especialidades: 1) sistemas de información geográfica y cartografía digital; 2) procesamiento digital de imágenes y sensores remotos; 3) electrónica, especializado en instrumental geofísico, particularmente sismológico; 4) análisis de materiales y separación de minerales. No existen al momento en el CGEO los especialistas que desarrollen estas áreas, sin embargo, se considera que ellos son indispensables, y en lo que respecta a los 2 primeros casos, estos técnicos permitirán restaurar el Laboratorio de Geomática y Multimedia, que en la

actualidad no cuenta con personal. Adicionalmente, se considerará también la contratación de al menos un académico que se encargue de las labores de vinculación y sea el enlace académico con los procesos administrativos para facilitar su operación de manera más eficiente.

C) Personal administrativo. Será necesario contar con laboratoristas y personal de apoyo en diferentes áreas, particularmente para atender las nuevas necesidades de los talleres de Separación de minerales, Molienda y Laminación, y los laboratorios de Estudios Isotópicos, Mecánica Multiescalar de Geosistemas y Geoquímica Ambiental. En el área administrativa, se requerirá mayor personal para atender la creciente demanda de servicios, particularmente la administración de convenios que generan ingresos extraordinarios.

D) Estudiantes posdoctorales. Permitirán reforzar el trabajo académico en áreas particulares.

E) Profesores visitantes. Se fomentará el intercambio de profesores para reforzar los programas académicos de diferentes áreas y se involucren en la docencia para beneficio de los estudiantes tanto de nivel licenciatura como de posgrado.

F) Evaluar las categorías y niveles del personal académico, y en su caso considerar su promoción y definitividad para asegurar su estabilidad y así contribuir al mejoramiento de sus condiciones laborales.

### *III.3.2 Infraestructura*

Las previsiones en materia de infraestructura consideran la instalación, adecuación y/o ampliación de equipos y espacios para laboratorios nuevos o ya existentes, así como de talleres. Además de ello, se considera también la creación de nuevos espacios para diversos usos, de acuerdo a necesidades específicas, y el mejoramiento de condiciones en diversos servicios de apoyo académicos.



En todos los casos que involucran equipos en laboratorios, talleres, áreas de servicio, o servicios generales del Centro se considera de manera importante la implementación de programas eficientes de mantenimiento para su óptimo funcionamiento.

#### A) Laboratorios

Actualmente se encuentran en proceso de instalación 2 nuevos equipos que fortalecen la infraestructura analítica del CGEO.

- *Espectrómetro de Masas Acoplado Inductivamente (ICPMS Finnigan Neptune de tipo Multicolector (MC)*. Se integra junto con el ICPMS y el sistema de ablación por Láser para ampliar las capacidades analíticas del CGEO y consolidar las funciones del Laboratorio de Estudios Isotópicos. Este nuevo equipo permitirá realizar todo tipo de determinaciones isotópicas con alta precisión empleando tecnología de última generación.

La adecuación de las nuevas instalaciones ocasionará modificaciones en la conformación del Cuarto Ultralimpio, ampliando los espacios y capacidades de preparación de muestras en un ambiente de extrema pureza, de acuerdo con los estándares internacionales.

- *Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)*, marca Hitachi modelo 3100-H. Este equipo fue recientemente donado por la Universidad de Okayama de Japón (2010) y se completará su instalación durante el 2011. Este equipo complementará las investigaciones que ya se realizan para el análisis morfológico y semicuantitativo de partículas en una escala microscópica, con un equipo similar que se comparte de manera conjunta con el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada del Campus Juriquilla.

#### B) Nuevas instalaciones

Se planea la creación de nuevos espacios motivados por el crecimiento del CGEO, entre los que se incluyen los siguientes:

- *Sala de exhibición y divulgación.* Esta sala tendrá como propósito principal mostrar a los visitantes, principalmente estudiantes de diferentes niveles educativos, algunos materiales de interés que sirvan para introducirlos en el mundo de las Ciencias de la Tierra. Asimismo, se acondicionará una pequeña área en la que se puedan realizar talleres de divulgación diversa.

- *Sala de lectura y descanso.* Este será un espacio destinado a la lectura informal que tendrá como objetivo facilitar la interacción entre los académicos y en donde se estimule la comunicación, el libre intercambio de ideas y la convivencia académica. Esto permitirá tener una mayor integración de los académicos en beneficio del CGEO.

- *Aulas para clases.* Debido a la creciente demanda de salones de clase para el Posgrado, será necesario ampliar los espacios para este fin.

- *Cubículos.* En virtud de que en la actualidad ya no existen cubículos disponibles, se requerirán oficinas para los investigadores que se contraten en el futuro, así como también para los estudiantes posdoctorales y profesores visitantes. Tanto para este como para el punto anterior, se propone evaluar las condiciones del segundo piso del edificio A, o bien considerar otras espacios disponibles.

### C) Acondicionamiento de Espacios

- *Laboratorios y Talleres.* Se realizarán trabajos preventivos y correctivos de mantenimiento, y adecuación de nuevos espacios en talleres y laboratorios para lograr condiciones más favorables de trabajo. De manera inicial, se han considerado los siguientes laboratorios: Observatorio de Geoelectromagnetismo, Yacimientos Minerales, Edafología, Laboratorio de Mecánica Multiescalar de Geosistemas II, Vulcanología.; así como los talleres: de Laminación, Molienda y Separación de Minerales, además de la Litoteca, con la finalidad de aprovechar mejor los espacios que ahí se encuentran.

- *Dirección y Administración.* Debido al crecimiento de las funciones administración y dirección inherentes al crecimiento mismo del CGEO en su conjunto, se realizarán

algunas adecuaciones y posibles ampliaciones a los espacios existentes para que sean más funcionales y así puedan prestar un mejor servicio.

D) Servicios de apoyo académico

- *Biblioteca.* Se contempla gestionar mayores apoyos para apoyar el trabajo de la Biblioteca, incrementando su acervo en libros, mapas, revistas, material audiovisual, etc. Considerar de manera particular la adquisición de libros y materiales audiovisuales para reforzar los programas académicos para la nueva Licenciatura en Ciencias de la Tierra.
  
- *Editorial.* Se considera importante continuar apoyando las actividades editoriales, que tienen como objetivo principal la Edición de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Se propone apoyar la edición de números especiales y fortalecer los cuerpos editoriales.
  
- *Cómputo y comunicación.* Se revisará el funcionamiento de servidores, sistemas de comunicación, computadoras y periféricos asociados, etc.; se establecerán programas de mantenimiento, seguridad y modernización de equipos especializados, y se buscará la aplicación de nuevas tecnologías que hagan más seguro, práctico y eficiente el trabajo de las redes de cómputo, sistemas de videoconferencias, páginas WEB, etc.
  
- *Vehículos.* Se contempla la adquisición de al menos un vehículo por año para satisfacer las crecientes necesidades de los académicos y estudiantes. Se buscará que además del reemplazo de las unidades que requieran ser sustituidas, se incremente en al menos una o dos unidades la flotilla actual.

*III.3.3 Presupuesto operativo*

Además de las necesidades antes señaladas, es evidente que desde hace tiempo el CGEO ha venido operando gracias al apoyo complementario que proviene de los ingresos extraordinarios; sin embargo, esta situación se ha venido agudizando con el crecimiento sostenido de los académicos, estudiantes y personal administrativo, lo que lo hace insuficiente

para satisfacer las condiciones mínimas de funcionamiento del Centro, por lo cual se solicitará que ese sea ampliado de manera drástica.