

### **MÉXICO, NUEVO MIEMBRO DEL “INTERNATIONAL CONTINENTAL SCIENTIFIC DRILLING PROGRAM”**

En fecha reciente se firmaron los acuerdos de cooperación entre el GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con ellos se formaliza el ingreso de nuestro país en el “International Continental Scientific Drilling Program (ICDP)”. La cuota anual de membresía en este programa internacional esta financiada por el CONACYT a través del convenio respectivo con el Instituto de Geofísica. Esta acción abre la posibilidad para la comunidad nacional de Ciencias de la Tierra de una participación activa en uno de los programas de carácter global para la investigación interdisciplinaria de la corteza continental, por medio de perforación y estudios geofísicos. Este programa internacional forma parte de los esfuerzos de la comunidad de geociencias desarrollados en las últimas décadas a partir del Año Geofísico Internacional 1957-1958 y que incluye al International Litosphere Program (ILP) y al Ocean Drilling Program (ODP). La dirección del programa reside en el GFZ, que actúa como la institución ejecutora y coordinadora de las acciones internacionales y los proyectos, a través de su director el Profesor Rolf Emmermann. Hace unos años, en Alemania se desarrolló uno de los dos proyectos de perforación profunda en continentes bajo la coordinación del Profesor Emmermann, que representa el antecedente directo del ICDP. Entre los beneficios potenciales se tiene el acceso al programa de apoyo de ICDP a proyectos de investigación, que incluye financiamiento, asesoría técnica, instrumentación y cooperación científica y técnica para estudios de estructura cortical, paleoclimas, evolución tectónica, actividad volcánica, etc. Entre los proyectos recientes del ICDP se tienen: (a) proyecto de perforación de la caldera de Long Valley en California, cuya fase de perforación se completó el año pasado, (b) proyecto de perforación en los volcanes de escudo de Hawaii, que esta en desarrollo desde hace unos meses y (c) proyecto de perforación en la falla de San Andres, California, que esta en la fase de planeación final y estudios geofísico-

Pasa a la 2 »

### **PROGRAMA MÉXICO - ALEMANIA DE INVESTIGACIÓN DE VOLCANES ACTIVOS: PRIMERA FASE VOLCÁN POPOCATÉPETL**

Como parte del programa de cooperación científica y técnica entre el GeoForschungsZentrum (GFZ) de Potsdam, Alemania y el Instituto de Geofísica, UNAM recientemente se ha iniciado un proyecto interdisciplinario de investigación en el volcán Popocatepetl. En esta primera fase del proyecto se ha instalado una red de 22 sismógrafos de banda ancha en el volcán.

El programa de cooperación firmado este mes entre el GFZ y la UNAM ha permitido formalizar las actividades de colaboración iniciadas ya hace varios años y que se han intensificado en fecha reciente. El programa tendrá una duración inicial de cinco años e incluye acciones de intercambio académico entre las dos instituciones para estudiantes e investigadores y la realización de proyectos de investigación. Uno de los dos programas es el estudio de volcanes activos, en el que se contemplan proyectos específicos en cuatro áreas principales: sismología volcánica, geoquímica, estudios con GPS y estudios de campos potenciales. En el programa se espera contribuir al conocimiento de la actividad eruptiva y características de los procesos internos en el volcán. Adicionalmente se planea realizar contribuciones al estudio de la estructura somera y profunda del volcán. En estos proyectos participan investigadores y estudiantes de varias instituciones y cada proyecto representa la conjunción de esfuerzos y apoyos de infraestructura y económicos importantes.

#### **Sismología Volcánica**

Objetivos: Investigar en detalle las características de la fuente de tremor, eventos de periodo largo (LP) y explosiones tales como localización, geometría y orientación, balances de masa y funciones fuente-tiempo de explosiones en el volcán Popocatepetl. Este estudio se basa en datos de alta calidad de banda ancha (0.05-100 seg). Para ello se plantea la instalación y operación de una red densa de 22 estaciones de banda ancha en arreglos radiales a diferentes elevaciones en el cono del Popocatepetl, que proporcionen una cobertura espacial

Pasa a la 2 »



Foto: Alejandra Arciniega ( Popocatepetl, octubre 1999 )

## **MÉXICO, NUEVO MIEMBRO . . .**

geológicos previos al inicio de la perforación. Con la firma del convenio GFZ y UNAM se garantiza el poder recibir apoyo financiero directo y tener la posición de liderazgo en los proyectos de investigación por parte de cualquier institución o grupo en el país. Como parte de los lineamientos del programa, cualquier individuo o institución puede someter proyectos a evaluación dentro del programa. Estos proyectos son sometidos a una evaluación rigurosa y en caso de ser aprobados académicamente por los diferentes árbitros y comité científico, el otorgamiento del apoyo esta condicionado al ingreso del país dentro del programa internacional. El envío de proyectos a la convocatoria de concurso del ICDP ha sido realizado por grupos de investigación mexicanos y uno de estos proyectos sobre la Perforación Científica de la Estructura de Impacto de Chicxulub había recibido una evaluación positiva (ver GeoNoticias número 47 de mayo-junio, 1999). El financiamiento inicial aprobado para este proyecto es equivalente a diez millones de pesos y el proyecto en la fase de perforación inicia con el nuevo año. Este apoyo constituye solo una parte de los recursos necesarios para la realización del proyecto y no contempla los requerimientos de los grupos participantes incluyendo los nacionales. El apoyo es exclusivamente para financiar parcialmente la operación de perforación profunda. Los estudios preparatorios han sido conducidos desde hace varios años y se tienen antecedentes importantes en el Programa UNAM de Perforaciones Someras en el Cráter de Chicxulub, realizado en años anteriores como parte del programa de estudio del cráter y de los eventos de la frontera Cretácico-Terciario (K/T). De hecho, la formalización de este convenio lograda gracias al apoyo del CONACYT, representa una etapa más de los esfuerzos de la comunidad internacional orientada a investigar los fenómenos que marcaron la era Mesozoica y el inicio de la era Cenozoica. La frontera K/T marca una de las

Pasa a la 4 »

## **PROGRAMA VOLCANES ACTIVOS. . .**

y azimutal de la fuente(s). Al presente cabe mencionar que solo opera una estación de banda ancha (100 s) instalada en el volcán Popocatepetl, por lo que esta red densa de 22 estaciones constituye un incremento importante para el estudio detallado de la actividad sísmica en el volcán. La cuantificación de los mecanismos de fuente se obtendrá por inversión del tensor/fuerza de momento usando algoritmos de elementos finitos en 3-D para el calculo de funciones de Green, tomando en cuenta la respuesta instrumental via deconvolución. En una segunda fase se planea realizar estos estudios en el volcán de Colima.

Los otros proyectos específicos son:

### **Deformación en los Volcanes**

Objetivos: Investigar los procesos de deformación en los volcanes Popocatepetl y Colima. En la primera parte se estudia al volcán Popocatepetl por medio de una red de estaciones de GPS. Para ello se propone la instalación de tres estaciones de GPS, las cuales ampliarán la red inicial instalada en el volcán, que consiste al momento de dos estaciones GPS localizadas en los flancos sur y norte del complejo volcánico. La instalación de tres estaciones en los flancos este y oeste permitirá contar con una mayor cobertura espacial. En esta fase del proyecto se propone además la realización de mediciones adicionales de gravimetría y GPS en una red de estaciones. Las dos estaciones GPS se instalarán como parte de la red de monitoreo y permitirán contar con información de periodo largo. La red actual de dos estaciones GPS del proyecto NASA-DOSE esta en operación desde mediados de 1996.

### **Estudios Geoquímicos de Gases Volcánicos y Tefras**

Objetivos: (a) Determinar la composición y flujo de gases volcánicos por medio de un sistema autónomo de monitoreo consistente de un cromatógrafo de gases, un scintilometro alfa y sensor de temperatura. El sistema opera automaticamente y permite observaciones de gran detalle sobre los gases volcánicos. En la primera fase se instala en el volcán de Colima. (b) Estudio de elementos trazas (y tierras raras) en cenizas y pomez asociados a la actividad explosiva de los volcanes Popocatepetl y

Pasa a la 4 »

### ¿ Por qué tiembla en México ?

Con esta interrogante como título de su conferencia el doctor Raúl Valenzuela Wong, Investigador del Departamento de Sismología y Vulcanología de nuestro Instituto, expuso en el Auditorio Ricardo Monges López algunos resultados alcanzados en este campo por sus investigaciones, en el marco de las Conferencias de Divulgación organizadas por el IGEF.

Ahí dijo que pese a los avances registrados en los estudios acerca de sismos en los últimos años, aún es imposible predecir un movimiento telúrico.

Precisó que uno de los estudios que más prometen en cuanto a la predicción de sismos son las mediciones de deformaciones, pero -señaló- incluso éstas requieren de una gran cantidad de datos que sean muestreados con frecuencia y precisión.

Sin embargo, indicó que aunque es difícil predecir un movimiento telúrico “ en principio sabemos que 50 años es el intervalo de recurrencia en que podemos esperar se produzca un sismo de tal o cual magnitud, en determinada parte de México.”

Informó que en 1455 los Aztecas ya registraban en sus códices la existencia de estos movimientos, y señaló que en el periodo comprendido entre 1611 y 1975 se han registrado cientos de sismos de gran magnitud. “sólo entre 1900 y 1977 en México hubo 80 con magnitudes entre 7 y 8 grados en la escala de Richter y ocho superiores a esta última cifra”

El doctor Raúl Valenzuela enumeró los sismos más importantes registrados en este siglo, así como los daños que éstos ocasionaron en la población de países como: Turquía, en 1999 ( 45 mil muertos); México, en 1985, con un número estimado de 10 mil muertos; Guatemala, en 1976 ( 23 mil muertos ); Perú, en 1970 ( 66 mil muertos ); Japón, en 1923 ( 141 mil ); Italia, en 1908 ( 70 mil ) y China, en 1920 ( 200 mil ) y en 1976 ( 256 mil muertos ).



### Tsunamis

Otra de las conferencias dentro de este ciclo fue la que presentó el doctor Carlos Mortera Gutiérrez, Investigador del Departamento de Sismología y Vulcanología del IGEF, que en este caso habló de la física de tsunamis y su relación con los sismos. En su charla ofrecida en el Auditorio Ricardo Monges López del propio Instituto el doctor Mortera explicó la manera cómo son generados estos tsunamis, los daños globales que causan a las costas, en particular del Pacífico, así como los sistemas de prevención que hay en el mundo y lo que se hace en el Instituto de Geofísica en relación a ello.

Al inicio de su plática señaló que Tsunami es una palabra japonesa que significa ola de puerto u ola en una bahía.

Los tsunamis, dijo, son olas de gran magnitud y altura que no siempre son destructivas pues en algunos casos sólo provocan inundaciones tierras adentro.

Precisó que una de las causas de los tsunamis es la deformación del suelo marino provocado por un movimiento tectónico. Agregó que la gran mayoría de tsunamis, en base a varios estudios, ocurren en la zona de subducción, muchos de ellos generados muy cerca de la trinchera, entre la interfase de la corteza oceánica con el margen del continente.

También dijo que existen otras formas de generación de tsunamis como pueden ser impactos de meteoritos, erupciones volcánicas, y derrumbes de laderas costeras.

Explicó que la altura de un tsunami está controlada por la profundidad del suelo marino, y su velocidad se calcula mediante la relación de la aceleración de la gravedad, la profundidad y su raíz cuadrada; “por ejemplo para una profundidad de 400 metros corresponde una velocidad de 720 kilómetros por hora, casi la misma velocidad con la que viaja un jet”. “Con base en los estudios realizados, observaciones del oleaje y ayuda de instrumentación se han hecho simulaciones de tsunamis que se propagan desde determinada zona de subducción”. Al finalizar su charla realizó la presentación de una simulación digital de tsunamis.

Fecha de graduación: mayo 14 de 1999

### **Medina Valles Ma. del Socorro**

Maestra en Ciencias (Física de la Atmósfera)  
Título de la tesis: Actividad de convección atmosférica en las albercas de agua caliente cercanas a México.

Director de tesis: Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda.

Fecha de graduación: julio 2 de 1999

**¡ Muchas Felicidades !**  
hijos.

4

\* \* \*

### **MÉXICO, NUEVO MIEMBRO . . .**

extinciones masivas mayores ocurridas en la historia de la vida en el planeta. La relación causal entre la extinción masiva y el impacto de un meteorito o cometa hace unos 65 Ma propuesta por Alvarez y colaboradores en 1980 dio lugar a la realización de numerosas investigaciones. Entre ellas se tienen las orientadas a la búsqueda del sitio de impacto, que han culminado con el reconocimiento de la estructura de Chicxulub en la península de Yucatán y que es considerado actualmente como el cráter de la frontera K/T. Además del proyecto UNAM de perforaciones someras se han realizado varios proyectos de investigación sobre la estructura de Chicxulub por grupos mexicanos y extranjeros.

### **PROGRAMA VOLCANES ACTIVOS . . .**

Colima. Los análisis se realizan por medio de un sistema de espectrometría con plasma acoplado ICP-MS. Estos estudios se complementan con las observaciones petrográficas, química de elementos mayores, etc en progreso por otros grupos de investigación y proporcionan información sobre la composición del magma, posibles procesos de mezcla, actividad de construcción y destrucción del domo, etc. El estudio de la composición de gases y variaciones de flujo provee importante información sobre la actividad eruptiva y constituye una componente importante de las actividades de monitoreo de volcanes activos. Estos estudios se realizan por medio de muestreo directo en el cráter, muestreos por trampas de volátiles y técnicas de espectroscopía (cerca del borde del cráter, aviones y vehículos terrestres, etc). En Popocatepetl (y Colima) se han empleado anteriormente por otros grupos de investigadores, por ejemplo observaciones usando el Cospec (ultraviolet correlated spectrometer), FTIR (Fourier-transform infrared spectrometer), etc. .

### **Posgrado en Ciencias de la Tierra**

La Coordinación del Posgrado en Ciencias de la Tierra nos informa que en el periodo mayo - julio del presente año cuatro de sus estudiantes se graduaron

#### **Kasper Zubillaga Juan José**

Doctorado en Ciencias (Geología)

Título de la tesis: Análisis de ambientes sedimentarios recientes de la región costera norcentral de Veracruz, México.

Director de tesis: Dr. Arturo Carranza Edwards

Fecha de graduación: mayo 10 de 1999

#### **Arce Saldaña José Luis**

Maestro en Ciencias (Sismología y Física del Interior de la Tierra)

Título de la tesis: Reinterpretación de la erupción pliniana que dio origen a la pómez Toluca superior volcán Nevado de Toluca.

Director de tesis: Dr. José Luis Macias Vázquez.

Fecha de graduación: mayo 11 de 1999

#### **Simón Velázquez María Isabel**

Maestra en Ciencias (Aguas Subterráneas)

Título de la tesis: Análisis de sensibilidad en la resistividad aparente en función de la saturación y calidad de agua para medios porosos: casos de los Valles de Hermosillo y el Yaqui, Sonora.

Directora de tesis: Dra. Birgit Steinich

Fecha de graduación: mayo 14 de 1999

#### **Medina Valles Ma. del Socorro**

Maestra en Ciencias (Física de la Atmósfera)

Título de la tesis: Actividad de convección atmosférica en las albercas de agua caliente cercanas a México.

Director de tesis: Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda.

Fecha de graduación: julio 2 de 1999

**¡ Muchas Felicidades !**

### LA ACTIVIDAD VOLCANICA

*Juan Manuel Espíndola Castro*



12

Cuadernos del Instituto de Geofísica

Dentro de la serie de divulgación “Cuadernos del Instituto” en el mes de septiembre salió a la luz la más reciente publicación con el título: *La actividad volcánica*, escrita por el doctor Juan Manuel Espíndola Castro, Investigador del Departamento de Sismología y Vulcanología del IGEF.

En su prólogo el doctor Espíndola nos dice: “La exploración espacial moderna ha puesto de relieve que un gran número de los cuerpos del Sistema Solar, al igual que la Tierra, posee volcanismo o lo tuvo en su pasado. Un ejemplo nos lo ofrece Io, una de las lunas de Júpiter fortuitamente captada por la sonda espacial Voyager-I en 1979 cuando se encontraba en plena actividad. Así, nuestro planeta dejó de ser el único asiento del antiguo dios Vulcano aunque sigue siendo, quizá, uno de sus preferidos, pues muchos de los cuerpos del sistema solar dejaron hace ya muchos años de presentar tal fenómeno. Estos cuerpos muestran ahora mucha menor actividad geológica de origen interno que nuestro planeta. Sin embargo, activo o no, el vulcanismo planetario nos indica que tal proceso es natural en el curso de la evolución de los planetas.

En este *Cuaderno* se trata el volcanismo terrestre en términos de los principios físicos básicos que definen sus características. Con base en este conocimiento se describen los riesgos que implica la actividad volcánica y se considera el caso de algunos volcanes mexicanos. Espero que esta pequeña exposición despierte el interés del lector por el tema y lo lleve a indagar más sobre el fenómeno volcánico.”

Esta nueva edición de los Cuadernos del Instituto puede ser adquirida en el Departamento de Publicaciones, planta baja del edificio principal del Instituto de Geofísica en Ciudad Universitaria.



*Al avanzar su integración, la Biblioteca Conjunta en Ciencias de la Tierra abre nuevos espacios y reestructura su funcionamiento.*



Fotos: Jesús D. Martínez

## GEOFISICA INTERNACIONAL

La Sección Editorial del IGEF, que edita la revista trimestral de la Unión Geofísica Mexicana: *Geofísica Internacional*, nos informa que en su número 3 del volumen 38, correspondiente a los meses julio - septiembre de 1999, integra los temas siguientes:

### C O N T E N T S

Volume 38, 3, July - September, 1999

**W. BANDY, V. KOSTOGLODOV, A. HURTADO-DIAZ and M. MENA:** Structure of the southern Jalisco subduction zone, Mexico, as inferred from gravity and seismicity.

**M. ALDANA, V. COSTANZO-ALVAREZ, D. VITIELLO, L. COLMENARES and G. GOMEZ:** Framboidal magnetic minerals and their possible association to hydrocarbons: La Victoria oil field, southwestern Venezuela.

**B. ORTEGA GUERRERO, M. CABALLERO, S. LOZANO GARCIA and M. DE LA O VILLANUEVA:** Palaeoenvironmental record of the last 70 000 yr in San Felipe Basin, Sonora desert, Mexico.

**O. DELGADO-RODRIGUEZ:** Analysis and validation of the electric terrain conductivity map of Mexico.

**I. ALCANTARA-AYALA:** The Torvizcón, Spain, landslide of February 1996: the role of lithology in a semi-arid climate.

**D. MARAVILLA:** The dynamics of dust particles near the Sun.

**W. SCHRÖDER and H.J. TREDER:** On the existence of solar variations in the 16<sup>th</sup> to 18<sup>th</sup> centuries.

Read *Geofísica Internacional* on the web at:

<http://www.igeofcu.unam.mx/editorial/index.html>

## Academia Mexicana de Ingeniería

Nueva Mesa Directiva de la Academia Mexicana de Ingeniería 1999 - 2001.

### Consejo Académico

Ing. Javier Jiménez Espriú  
Presidente del Consejo de Honor  
Dr. Hector O. Nava Jaimes  
Presidente  
Dr. José Luis Fernández Zayas  
Vicepresidente

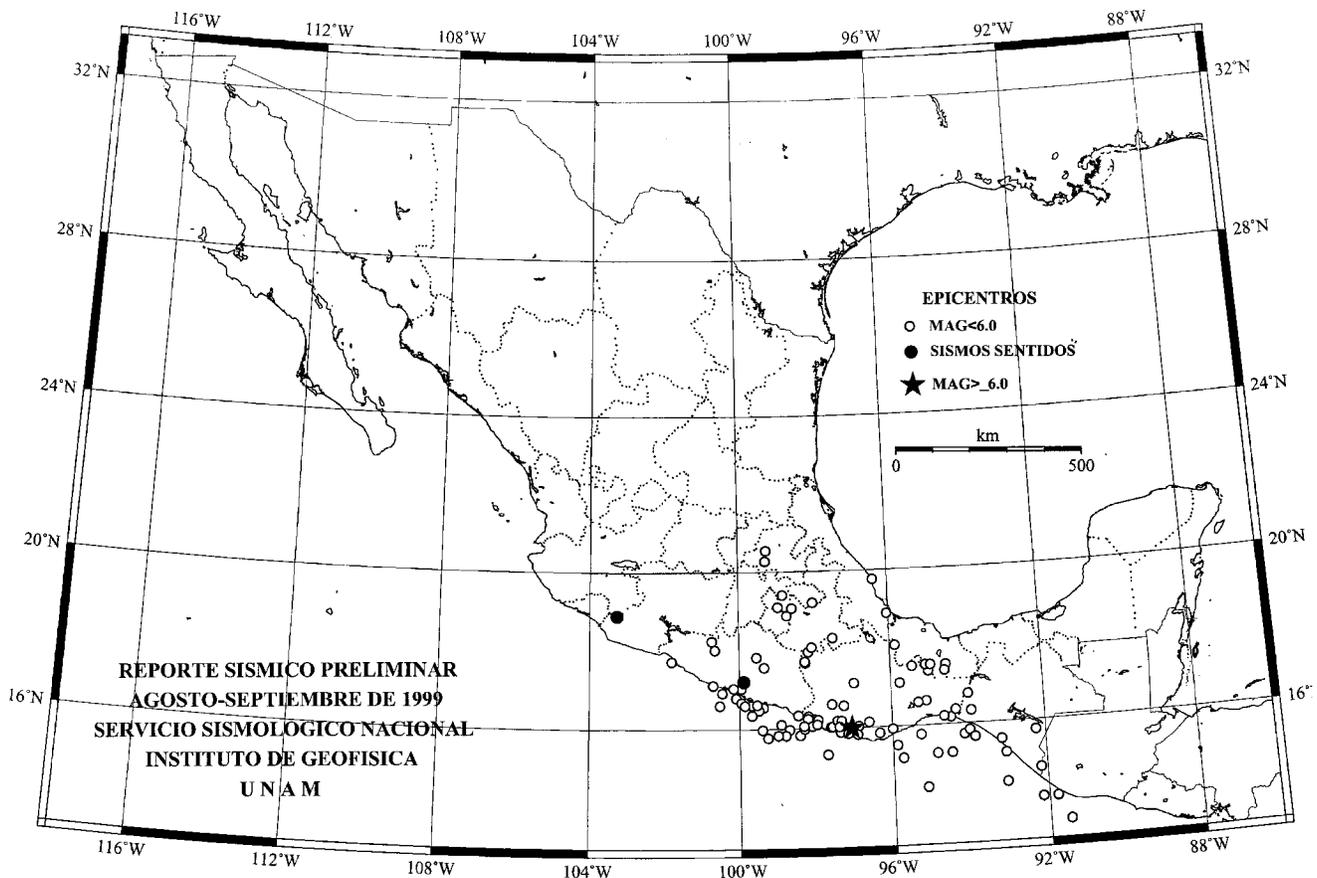
### Presidentes de Comisión de Especialidad

Ing. David Ziman Bramzon  
Aeronáutica  
Ing. Jesús Muñoz Vázquez  
Agronómica  
Ing. Amilcar Galindo Solorzano  
Civil  
Dr. Cornelio Robledo Sosa  
Comunicaciones y Electrónica  
Ing. Fernando Sosapavón Estrada  
Eléctrica  
Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi  
Geofísica  
Dr. Ricardo J. Padilla y Sánchez  
Geológica  
M. en I. Jesús E. Foullón Gómez  
Industrial  
Dr. Ignacio Hernández Gutiérrez  
Mecánica  
Ing. David Gómez Ruíz  
Minas  
M. en C. Alejandro Gómez Lee  
Municipal  
Ing. José Antonio Mandri Bellot  
Naval  
Dr. Carlos Villanueva Moreno  
Nuclear  
Ing. Gustavo Bonilla Pérez  
Petrolera  
Ing. Hector López Gutiérrez  
Planeación  
Dr. Enrique R. Bazua Rueda  
Química  
Dr. José Jesús Acosta Flores  
Sistemas  
Ing. Rodolfo Radillo Ruíz  
Textil  
Dr. Pedro Martínez Pereda  
Urbanística

## Sismicidad de los meses de Agosto y Septiembre de 1999

Durante el mes de agosto el Servicio Sismológico Nacional reportó 47 sismos ocurridos en el territorio nacional, con magnitudes entre 3.2 y 4.8. Igualmente, durante el mes de septiembre se reportaron 55 sismos con magnitudes entre 2.3 y 7.4. Durante estos dos meses la sismicidad se concentra bajo el paralelo 20, a excepción de dos pequeños sismos que se localizan en el estado de Hidalgo. Tres sismos se reportan sentidos, el primero de ellos percibido en Colima, ocurrió en Michoacán, y el segundo sentido en Acapulco, tuvo su epicentro cerca de esta ciudad. Ambos sismos ocurridos en el mes de agosto son de magnitud menor a 5. El tercer sismo sentido ocurrió el 30 de septiembre, en las costas de Oaxaca. El SSN localiza el sismo a 42 kilómetros de profundidad y le asigna una magnitud de 7.4. Este sismo produjo graves daños a lo largo de la costa oaxaqueña y en el interior del estado, reportándose algunos daños en la misma ciudad de Oaxaca. La universidad de Harvard encuentra un mecanismo normal ( $\sigma_1 = 295^\circ$ ,  $\sigma_2 = 50^\circ$ ,  $\sigma_3 = -82^\circ$ ) con momento sísmico de  $2 \times 10^{20}$  Nm ( $M_w = 7.5$ ).

Javier Pacheco Alvarado



Elaboración: Casiano Jiménez Cruz

## CONFERENCIA DE DIVULGACIÓN ACADÉMICA DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA

El Instituto de Geofísica hace una cordial invitación para que asista a la próxima charla de divulgación que con el título *El Volcán Popocatepetl* dictará el doctor Carlos Valdés González, Investigador de nuestro Instituto en el Departamento de Sismología y Vulcanología, el próximo jueves 9 de diciembre a las 12:00 horas en el Auditorio Ricardo Monges López del IGEF.

Visita nuestra página en Internet

<http://www.igeofcu.unam.mx>



Este es el servidor de información de World Wide Web del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Usted puede encontrar información de las siguientes áreas:

Información General | Áreas de Investigación | Instalaciones | Biblioteca

Posgrado | Divulgación | Directorio de E-mail | Revistas | Reuniones | Interno

Red Latinoamericana de Ciencias de la Tierra

Para mayor información:

Instituto de Geofísica

Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán

México, D.F. 04510, México

Voz: 52 (5) 622-4120

Fax: 52 (5) 550-2486

Preguntas, Quejas o Sugerencias

Fotos: Jesús D. Martínez



Aspectos de la Conferencia de Prensa realizada en el Auditorio Ricardo Monges el 30 de septiembre para explicar a los periodistas las condiciones del sismo ocurrido ese día a las 11:31 horas con una magnitud de 7.4 grados

## Contenido

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| México miembro del ICDP           | > 1  |
| Conferencias de Divulgación       | > 3  |
| Posgrado en Ciencias de la Tierra | > 4  |
| Generalidades acerca del Sol      | > 5  |
| Publicaciones del IGEF            | > 7  |
| Geofísica Internacional           | > 8  |
| Reporte Sismológico               | > 9  |
| Varios                            | > 10 |

## DIRECTORIO

### INSTITUTO DE GEOFISICA

**Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi**  
Director

**Dr. Amando Leyva Contreras**  
Secretario Académico

**Dra. Cecilia Caballero Miranda**  
Secretaria Técnica

**Lic. Jorge R. González Lozano**  
Secretario Administrativo

**Dr. Oscar Campos Enríquez**  
Coordinador del Posgrado en Ciencias de la Tierra

**Dr. Ramón Zuñiga Dávila-Madrid**  
Jefe de la Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra / Geofísica-Juriquilla

### GEONOTICIAS

#### Consejo Editorial

**Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi**  
**Dr. Amando Leyva Contreras**  
**Dra. Cecilia Caballero Miranda**  
**Jesús D. Martínez Gómez**

**Coordinación y Redacción**  
**Jesús D. Martínez Gómez**

**Apoyo Técnico**  
**Mónica Nava Mancilla**  
**Freddy Godoy Olmedo**

El contenido de los artículos firmados es responsabilidad exclusiva de sus autores.

# Generalidades acerca del Sol

**Yahir G. García-López.**  
(*Estudiante de Licenciatura*)

*“Nuestra estrella, siendo para nosotros la vedette del firmamento, se comporta como tal, como un verdadero torrente de pasión”*

*Dr. Jorge A. Pérez Peraza.*

*Instituto de Geofísica, UNAM.*

El Sol es el principal proveedor de energía en nuestro planeta. Controla de manera directa o indirecta los modos de vida y flujos energéticos en la Tierra. Constituye un laboratorio de condiciones únicas de temperatura, dinámica de fluidos y densidad. Pero también, ha sido una fuente inagotable de fantasías y quimeras que han acompañado la inquietud y la curiosidad del intelecto humano. Nuestra estrella, esfera de plasma que convierte al cielo y a las nubes al color del fuego mismo, cuando en su viaje sigiloso se traslada al borde oriental del horizonte, se transfigura en la ninfa poética de incomparable belleza artística.

Actualmente, un amplio contingente de científicos, como astrofísicos, físicos de plasmas, físicos solares, y físicos heliosféricos, se dedican de tiempo completo al estudio del Sol. También es estudiado por físicos atmosféricos, aerónomos, climatólogos, y geofísicos, debido a su muy peculiar y unilateral relación que mantiene con la Tierra. Tal ha sido su importancia de estudio, y su amplia gama fenomenológica (de la cual se desconoce más de lo que realmente conocemos), que se han conformado distintas áreas de investigación. Ejemplo de ello, lo constituyen la Física Solar, que estudia todo lo concerniente a los fenómenos que ocurren en el Sol; la Física de Relaciones Sol-Tierra, encargada de describir los mecanismos de conexión entre el Astro Rey y nuestro hábitat espacial; la Física Heliosférica, que estudia los procesos físicos que ocurren en la heliósfera, que no es más que la cavidad que se extiende con el medio interestelar por acción del viento solar. La interacción entre el viento solar y las magnetósferas planetarias constituye el objeto de estudio de la Física Magnetosférica. Y todo ello, es decir, desde los fenómenos de plasmas que ocurren en el interior del Sol hasta el margen exterior de la heliósfera, es analizado en su conjunto por la Física de Plasmas Espaciales, disciplina que ha tomado importante relevancia en el desarrollo de la Física Contemporánea.

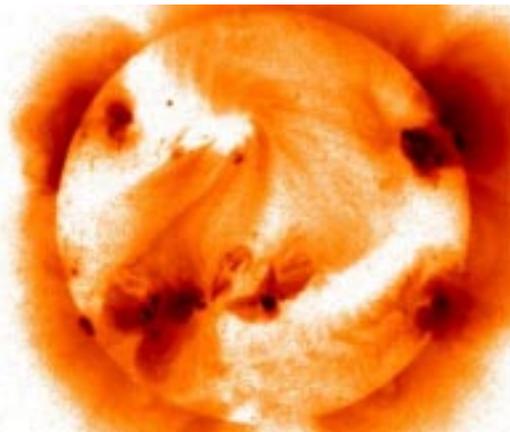
La importancia de la Física de Plasmas Espaciales radica en el hecho de que más del 99 por ciento

de la materia de nuestro Universo se encuentra en un estado altamente ionizado, en el estado llamado plasma. Un plasma se define como un sistema cuasineutro constituido por un gran número de partículas con carga eléctrica que presentan movimientos colectivos. Podemos afirmar, que todas las acciones del hombre en el espacio se desarrollan en un ambiente de plasma.

Los plasmas del Sistema Solar están formados principalmente de protones, electrones, iones pesados, ondas hidromagnéticas y electrostáticas, controladas en su mayoría por fuertes campos magnéticos. Debo decir que la astrofísica moderna está fundada actualmente en el marco cognocitivo de la física de plasmas.

En este pequeño artículo, solo trato de mencionar algunas de las características físicas más generales del Sol, y para ello, tenemos primeramente que definirlo. ¿Cómo podríamos definir al Sol en términos coloquiales? Podemos decir que el Sol es una masa esférica de plasma, cuyas capas específicas o discontinuidades no están

completamente definidas. Se mezclan entre sí, como es en el caso de la corona, la cromosfera y la fotosfera solares. Además, como todo cuerpo gaseoso, presenta una rotación diferencial, es decir, gira con distintos periodos en las distintas latitudes de la esfera solar. Ahora, ¿cómo es su anatomía? Según los modelos actuales del Sol, describe un interior solar constituido por una capa radiativa y una capa envolvente convectiva. Las densidades y las



temperaturas excesivamente elevadas que son producidas en el núcleo (centro) de nuestra estrella, son lo suficientemente capaces para inducir reacciones nucleares entre los distintos elementos que lo constituyen, cuyas temperaturas hacen que estos elementos se encuentren completamente ionizados. De ahí proviene la energía que da vida a nuestro astro.

La superficie observable (la fotosfera), presenta un espesor aproximado de 500 Km, es decir, menos de 0.001 % del radio solar. La homogeneidad es una propiedad muy lejana a sus características físicas reales. Presenta una gama fenomenológica tan amplia como el desarrollo de la tecnología la permita apreciar. Es ahí donde se presentan las misteriosas manchas y las fáculas solares. Las prominencias, o también llamadas protuberancias solares, los llamados puntos brillantes del Sol, los transientes coronales y las eyecciones de masa coronal, pertenecen a los aspectos extravagantes del temperamento energético solar. De los cuatro anteriormente mencionados, las fulguraciones solares son los eventos solares más catastróficos, consecuentemente con mayores efectos terrestres. Presumiblemente, se ha

calculado que la cantidad de energía liberada en una fulguración es suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad por más de 100 mil años. Sobre la fotosfera se encuentra otra capa no menos importante, se trata de la cromósfera. Su color rojizo característico es debido a la presencia de una gran cantidad de hidrógeno a muy alta temperatura. La capa externa de la atmósfera solar es la corona. Esta puede ser observada en eclipses totales, o por medio de la utilización de coronógrafos, que son instrumentos diseñados para simular un eclipse solar, ocultando la radiación fotosférica. La corona se mantiene en un estado de continua expansión (protones con velocidades medias de 2 milésimas la velocidad de la luz), a lo que se le denomina viento solar. Se extiende aproximadamente 0.01 de radio solar por arriba de la fotosfera, hasta lograr varias unidades astronómicas, cubriendo así el sistema solar. Dicha cavidad que se extiende posiblemente hasta el campo magnético interestelar recibe el nombre de heliosfera. Otra característica interesante del Sol, la constituye el estudio de los llamados Rayos Cósmicos Solares (RCS), que no son más que protones de altas velocidades, núcleos de átomos de hidrógeno, y electrones, que viajan desde el Sol por todo el medio interestelar, e interactúan con la magnetósfera de la Tierra.

Dentro de las características más confiables que la ciencia ha podido concebir del Sol, se encuentran las siguientes:  
*Edad:* 4 700 millones de años.

*Distancia promedio a la Tierra:* 150 millones de km. (1 unidad astronómica).

*Variación de distancia en un año:* aprox. 1.5%

*Diámetro:* 1.39 millones de km (109 veces el diámetro de la Tierra).

*Área del disco visible:*  $6.07 \times 10^{22} \text{ cm}^2$

*Volumen:*  $1.41 \times 10^3 \text{ cm}^3$  (1.3 millones de veces el volumen de la Tierra)

*Masa:*  $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$  (333 mil veces el peso de la Tierra)

*Densidad:* Promedio del Sol:  $1.41 \text{ gr/cm}^3$  (1.5 veces la densidad del agua, es decir, 1/4 la de la Tierra)

Coro (centro del Sol):  $160 \text{ gr/cm}^3$

Fotosfera (superficie):  $10^{-9} \text{ gr/cm}^3$

Cromosfera:  $10^{-12} \text{ gr/cm}^3$

Corona interna:  $10^{-16} \text{ gr/cm}^3$

*Temperatura:*

Interior (coro): aprox. 15 millones °K

Fotosfera (superficie): 6 050 °K

Mancha solar (umbra): 4 240 °K

Mancha solar (penumbra): 5 680 °K

Cromósfera: 4 300-50 000 °K

Corona: 800 000-3 millones °K

*Intensidad de campo magnético (típicas):*

Manchas solares: 3 000 Gauss

Campo polar general: 1 Gauss

Regiones activas efímeras (unipolares): 20 Gauss

Red cromosférica brillante: 25 Gauss

Playas cromosféricas: 200 Gauss

Prominencias: 10-500 Gauss

Fulguraciones (ráfagas): 500-4 000 Gauss

Composición química de la fotosfera (pesada en porcentaje)

Hidrógeno: 73.46; Helio: 24.85; Oxígeno: 0.7;

Carbono: 0.29; Hierro: 0.16

Neón: 0.12; Nitrógeno: 0.09; Silicio: 0.07; Magnesio: 0.05; Sulfuro: 0.04

Otros: 0.10

Rotación (vista desde la Tierra)

Ecuador solar: 26.8 días

Helio latitud 30°: 28.2 días

Helio latitud 60°: 30.8 días

Helio latitud 75°: 31.8 días

Luminosidad (radiación solar)

Total:  $3.83 \times 10^{33} \text{ (er/s)} = 3.83 \times 10^{23} \text{ kw}$  (consumo de  $5 \times 10^9 \text{ kg}$  de hidrógeno/s)

Por unidad de área de la superficie solar:  $6.29 \text{ kw/cm}^2$

Total a nivel de la atmósfera terrestre:  $8 \times 10^{14} \text{ kw}$

Por unidad de área de la atmósfera terrestre:  $0.136 \text{ w/cm}^2$  ( $1.94 \text{ cal/cm}^2$ )

Brillo solar superficial (fotosférico)

398 000 veces el brillo lunar

300 000 veces el brillo de la corona solar interna

1010 veces el brillo de la corona solar externa

Aceleración de la gravedad (en la fotosfera)

28 veces mayor que en la Tierra

*Tomado de : Pérez-Peraza, J. A. 1983. El Sol, Nuestra Estrella. I C y T.*

Muchos han sido los esfuerzos realizados por conocer los misterios de nuestra estrella. Sin embargo, aún queda mucho por hacer. Actualmente, los desarrollos tecnológicos han dado verdaderos saltos cuánticos, y gracias a ello, programas de investigación altamente especializados, o bien, trabajos de carácter multidisciplinario, han podido generar buenos resultados, aún cuando se realicen vía remota desde diversas partes del mundo. Programas y planes internacionales de investigación, como es el caso del ya muy conocido Sun-Earth Connection. Dichos planes estratégicos de investigación tienen como finalidad la integración de un considerable número de especialistas de todo el mundo, para lograr un mayor foro de discusión y la continua escucha de diversas opiniones. No obstante, el interés de los científicos no solo consiste en satisfacer la curiosidad infinita de sus mentes prodigiosas, su interés en el conocimiento va más allá. Se busca, a primera instancia, una profunda trascendencia en el conocimiento científico de nuestra vecindad espacial, y se vuelve como una obsesión diaria, penetrar en el misticismo y la abstracción de la naturaleza, para después de continuos e incesantes esfuerzos, dejar una huella indeleble en la historia de la evolución del conocimiento de nuestro Universo de plasma.