

BLANCO

# **ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS**

## **BOLETIN N° 5**

Lima, Diciembre 2010

### **CONSEJO DIRECTIVO PERIODO 2009 – 2012**

Presidente	Dr. Roger Guerra-García
Vicepresidente	Dr. Ronald Woodman Pollitt
Secretario	Dr. Gustavo Gonzáles Rengifo
Tesorera	Dra. Nicole Bernex Weiss
Vocal	Dr. Alberto Cazorla Talleri
Vocal	Dr. César Carranza Saravia
Vocal	Dr. Víctor Latorre Aguilar

# ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS



---

## Boletín N° 5

---

Lima, Diciembre 2010

## COMITÉ EDITORIAL

Editor:

Gustavo F. Gonzáles

Miembros:

Alberto Cazorla

César Carranza

Víctor Latorre

Directores de Secciones:

Ciencias Agrarias: Dr. Marcel Gutiérrez Correa

Ciencias Exactas: Dr. Manfred Horn

Ciencias de la Tierra: Dr. Víctor Benavides

Ciencias de la Vida: Dr. Abraham Vaisberg

Ciencias Sociales: Dr. Max Vega Centeno

*Este boletín se publica gracias a un subsidio del Ministerio de Educación*

*Se autoriza la reproducción total o parcial del material de esta obra, citando la fuente.*

Derechos Reservados: Dec. Leg. 822

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2007-10302

Recopilación y digitación del material: Grisel Valdivieso Ruidías

Foto carátula: Mapa sísmico del Perú 1964-2008, elaborado por el Instituto Geofísico del Perú.

**Nota:** *En diciembre 2010 se publicó el Boletín Extraordinario de la Academia Nacional de Ciencias (N° 4) dedicado a la Amazonía Peruana, gracias al apoyo de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.*

# ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS

## Boletín N° 5 Lima, Diciembre 2010

### INDICE

<i>Editorial: Educación en Ciencias. ....</i> <i>Dr. Gustavo Gonzáles Rengifo</i>	7
<i>Actividades de la ANC del segundo semestre 2010 (Ago.- Dic.) .....</i>	9
<i>Informe del Presidente a la Asamblea General (19 Ago 2010) .....</i> <i>Dr. Roger Guerra-García</i>	12
<i>Informe de actividades ECBI realizadas en el 2010 .....</i> <i>Dr. César Carranza</i>	18
<b>Trabajos de Incorporación:</b>	
• <i>Académico Correspondiente:</i> <i>Jorge M. Seminario: La nanoelectrónica y la electrónica molecular .....</i>	25
• <i>Académico Titular:</i> <i>Dr. Leonidas C. Ocola: Previsión de desastres sísmicos: avances en el Perú</i>	33
<i>Trabajo presentado en el Seminario Taller “Los Bosques y el Mundo en que vivimos” .....</i> • <i>Académico Titular Ing. Pablo Sánchez Zevallos +</i>	41
<b>Clásicos Peruanos:</b>	
<i>La Geología en el mundo y en el Perú. Jorge A. Broggi .....</i> <i>Publicado en Actas de la Academia 1940</i>	47
<b>Temas:</b>	
<i>Año 2010 Biodiversidad .....</i>	58
<i>Publicaciones recibidas .....</i>	59
<i>Reseña del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010 .....</i>	60
<b>Actividades de otras Instituciones: .....</b>	64
<b>In Memoriam:</b>	
<i>José Reátegui. H. Lázaro Manrique .....</i>	68
<i>Emilio Picón Reátegui. R. Guerra-García .....</i>	69

BLANCO



EDITORIAL:

**LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS**

Dr. Gustavo Gonzáles Rengifo

Este número del Boletín está dedicado a uno de los objetivos planteados por el actual Consejo Directivo de la Academia Nacional de Ciencias: la promoción de la Educación en Ciencias.

Actualmente vivimos una crisis en América Latina en relación a las vocaciones por las carreras en Ciencias; el Perú a pesar del crecimiento económico que ha sido destacado en diferentes partes del mundo no se vislumbra una política educativa orientada a mejorar la inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación del magro 0.19% del PBI que tiene actualmente. Es fundamental mejorar el capital humano requerido para el desarrollo sostenible económico, social y cultural donde de una vez por todas el país deje de ser un exportador de materias primas y desarrolle valor agregado a sus productos.

El análisis de cómo fomentar y promover las carreras de ciencias en las universidades parte de cuanto nuestros estudiantes de los colegios sienten esa motivación durante su fase escolar. Una serie de estudios coinciden en concluir que el conocimiento de las ciencias es bajo en los docentes de las escuelas y colegios en América latina y El Caribe y ello genera un problema donde un docente con estrategias metodológicas para la didáctica tiene una deficiencia sobre lo que debe enseñar sobre ciencias. Esto también ocurre en el Perú, y ello en parte debe haber repercutido en la poca motivación vocacional que existe sobre las carreras en ciencias. Teniendo en cuenta como los investigadores científicos van generando conocimiento día a día, y como el conocimiento sobre ciencias se va duplicando cada cinco años el déficit en conocimientos de ciencias se hace cada vez mayor.

Por ello la Academia Nacional de Ciencias ha tomado posición para buscar soluciones a esta situación. Otro problema radica en que los alumnos en las escuelas o colegios son poco

motivados por las ciencias; muchas veces los cursos de ciencias (matemáticas, física, química, biología) son vistos como difíciles e incluso sin visión de utilidad futura. Numerosas evaluaciones sobre esta situación coinciden en que el dictado de estos cursos es poco amigable y hasta abstracto, los docentes que dictan estas materias tienen por lo general experiencia y capacidad en estrategias didácticas pero carecen del conocimiento del contenido; ello les dificulta enseñar algo que desconocen.

En el Perú se están generando variados intentos para promover y motivar las ciencias en los estudiantes; la Academia Nacional de Ciencias desde el 2004 ha desarrollado una estrategia denominada Enseñanza en Ciencias Basada en la Indagación (ECBI) dirigida por el Dr. César Carranza. Este programa ha tenido un fuerte componente de adiestramiento a docentes de colegios en las áreas de matemáticas y física. Esta actividad se ha intensificado con el convenio firmado con la Academia Mexicana de Ciencias y su programa denominado "La Ciencia en tu Escuela" que tiene como objetivo el mejorar la actitud de los profesores de educación básica y media, hacia la matemática y las ciencias, para actualizarlos en los conocimientos de estas disciplinas.

El programa promueve la vinculación entre los docentes universitarios y científicos con profesores de educación primaria y secundaria; consiste básicamente en un diplomado que se brinda por los investigadores científicos y recién graduados de carreras de ciencias a los docentes de colegios por un total de 96 horas. La Secretaría de Educación de México financia esta iniciativa y ha permitido la visita de docentes peruanos a México y la visita al Perú de investigadores científicos que lo imparten en México.



La Academia Nacional de Ciencias ha decidido continuar desarrollando nuevas estrategias con la finalidad de fomentar que las Ciencias sea parte del contenido curricular en las Facultades de Educación y de fomentar el adiestramiento en ciencias de los actuales docentes de colegios de primaria y secundaria del país. Se ha establecido también la necesidad de promover además de las matemáticas y la física a la biología y química.

Para tal efecto el plan de trabajo incluye:

1. Identificación de una masa crítica de investigadores científicos en las áreas de Matemáticas, Física, Biología y Química de la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Peruana Cayetano Heredia en su inicio y la incorporación sucesiva de investigadores de otras universidades; quienes deben estar motivados e interesados en participar en el programa.
2. Participación de científicos peruanos consagrados y eminentes para que puedan asistir a sus colegios de origen para brindar conferencias donde aborden como inició su

vida profesional y en que consiste su experiencia y actividad científica. Se espera tener unas doce conferencias anuales en colegios considerados emblemáticos.

3. Taller de trabajo entre miembros de la ANC, investigadores científicos de la PUCP y UPCH interesados en el programa, docentes de colegios coordinadores, directores de colegios, funcionarios del Ministerio de Educación, Decanos de Facultades de Educación con la finalidad de elaborar la posibilidad de desarrollar un diplomado sobre la Ciencia para Educadores.
4. Desarrollo de Talleres para revisar la curricula de la Educación en Ciencias en el Perú en conjunto con el Ministerio de Educación y en particular en los Institutos Superiores Pedagógicos.

Confiamos que el material presentado en este Boletín servirá de motivación para la ciencia y permitirá sensibilizar a sus lectores sobre la necesidad del estado de invertir en Educación en Ciencias, así como en Ciencia, Tecnología e Innovación.

## ACTIVIDADES DE LA ANC

### Segundo semestre 2010 (Ago. - Dic.)

*Las actividades de la ANC realizadas en el primer semestre fueron reseñadas en el Boletín Extraordinario sobre la Amazonía Peruana de Diciembre 2010; con detalle de los Seminarios-Talleres efectuados, las publicaciones y videos de la Academia, así como los Convenios suscritos (p.54 a 67)*

#### Julio 26:

La ANC presentó al Programa de Ciencia y Tecnología (FINCYT) de la Presidencia del Consejo de Ministros una propuesta para la creación de un Centro de Investigación y Tecnología en Materiales para ser considerado en la solicitud en preparación para el Programa BID/FINCYT II; versión actualizada por la ANC de una propuesta elaborada en el 2001 por el físico peruano Fernando Ponce, actual miembro correspondiente de la ANC, quien lo ha actualizado; se cuenta como anexos otro preparado en el 2003 por el Dr. Víctor Latorre, físico y directivo de la ANC, y el Plan Estratégico del IPEN 2010-2016 remitido por su presidente Ing. Carlos Barreda Tamayo.

La propuesta de creación del Centro contará con la participación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad Nacional de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú y el Instituto Peruano de Energía Nuclear, con la coordinación de la Academia Nacional de Ciencias, autora de la propuesta.

#### Agosto 19:

Se realizó la Asamblea General Ordinaria anual en el auditorio "Alberto Hurtado" del Campus Sur de la UPCH; asistieron 17 académicos, se recibieron 11 excusas; se distribuyó a los asistentes una carpeta con el informe del presidente; también presentaron su exposición los Drs. Woodman, Gonzáles, Carranza y Latorre. El presidente informó de la inasistencia a sesiones de varios miembros y también del incumplimiento en el pago de cuotas anuales. Se publica su informe.

#### Octubre 26-28:

La ANC organizó gracias al apoyo de la Organización de Estados Iberoamericanos los "Días de la Ciencia en el Colegio San Ramón de Cajamarca"; contó con la participación de un centenar de estudiantes de cuarto y quinto años de secundaria acompañados de sus profesores de ciencias.

Participaron por la ANC su Presidente, el Dr. César Carranza, y la Bióloga Carla Gonzáles (UPCH), quienes expusieron respectivamente los temas: "La Investigación Científica en el Perú", "Estructura y Método de la Matemática Contemporánea" y "Porqué estudiar Biología"; se proyectaron los videos: "El rol de la ciencia en los desastres naturales: Sismos y Tsunamis; "Geopolítica y Amazonía" y "Homenaje al Ing. Pablo Sánchez".

La clausura estuvo a cargo del Dr. Jaime Ávalos, Representante Permanente y Director Regional de la OEI, quien disertó sobre "Perspectivas de la educación científica".

El Presidente de la ANC entregó al Director del Colegio Mg. José Cortegana un juego completo de DVDs de las ponencias de los Seminarios-Taller organizados por la ANC "El rol de la ciencia en los desastres naturales: Sismos y Tsunamis" (09), "La Amazonía: Aporte de la ciencia a su conocimiento y el estado de salud de su población" (06); y un ejemplar del DVD "Alberto Hurtado. Una vida universal".

#### Noviembre:

Se iniciaron actividades de promoción de la ciencia dirigidas a alumnos de secundaria de colegios de la capital como el Roosevelt y San Silvestre, con charlas ofrecidas por la Lic. en Biología Mónica Franchy Quimper (UPCH).

Parte de esta actividad es la difusión de videos de científicos destacados, uno de los cuales está dedicado al Prof. Alberto Hurtado, distinguido médico graduado de la Universidad de Harvard, investigador de temas de la altura, fundador de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y de la ANC; luego de visualizarlo, fue entregado al director del colegio en calidad de donación.

Diciembre 15:

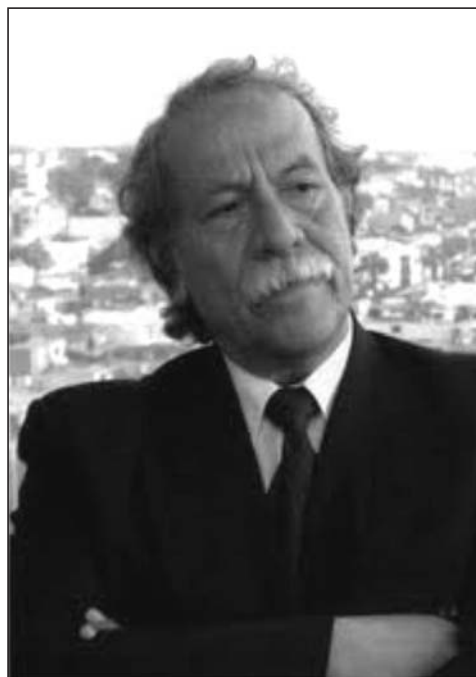
Sesión extraordinaria de incorporación de académicos titulares y asociados; la ceremonia se realizó en el auditorio principal del Campus Sur de la UPCH en Miraflores; al inicio se guardó un minuto de silencio en homenaje al académico titular Pablo Sánchez Zevallos fallecido el día anterior en Lima; agradeció el Dr. Luis Guillermo Lumbreras.

Académicos Titulares Incorporados:

1. Jorge Arévalo Zelada
2. José Ronald Espinoza Babilón
3. Gerardo Lamas Muller
4. Héctor Hugo García Lescano
5. Julio César Cruz Jibaja
6. Ricardo Fujita Alarcón
7. Rebecca Magdalena Pavlich Herrera
8. José Luis Segovia Juarez
9. Mirko Zimic Peralta
10. Miguel Angel Giusti Hundskopf
11. Luis Guillermo Lumbreras Salcedo
12. Fernando Héctor Roca Alcázar
13. Alberto Martín Gago Medina
14. Wilfredo Sosa Sandoval
15. Salomé Gonzáles Chávez
16. Walter Francisco Estrada López
17. Juan Martín Rodríguez Rodríguez
18. José Luis Solis Véliz
19. Alfonso Flores Mere
20. Carlos Augusto Reynel Rodríguez

Académicos Asociados Incorporados:

1. Betty Gaby Millán Salazar
2. Janeth Braga Vela
3. José Mostacero León
4. Ana Cecilia Monteagudo de Bacigalupo
5. Rafael Vega-Centeno Sara-Lafosse
6. Zaniel Israel Novoa Goicochea



*El Dr. Luis Guillermo Lumbreras tuvo a su cargo las palabras de agradecimiento en representación de los Académicos incorporados.*

**Convenio de Cooperación  
Interinstitucional entre el  
Ministerio de Educación y la  
Academia Nacional de Ciencias**

Con Resolución Ministerial N° 0417-2010-ED del 23 de diciembre 2010 se autorizó al Viceministro de Gestión Pedagógica del Ministerio de Educación Dr. Idel Vexler Talledo a suscribir el Convenio de Cooperación Interinstitucional con la Academia Nacional de Ciencias.

El Convenio tiene por objeto realizar acciones conjuntas para la cooperación en el campo de la educación a nivel científico; el Ministerio de Educación designó como coordinador al Director de Educación Superior Pedagógica y la Academia Nacional de Ciencias a su Presidente.

**PARTICIPACIÓN DEL PRESIDENTE EN REPRESENTACIÓN DE LA ANC  
EN ACTIVIDADES DE OTRAS INSTITUCIONES  
SEGUNDO SEMESTRE 2010**

Setiembre 06 - 10:

Fue invitado a inaugurar en Trujillo la “Tercera Muestra Científica Tecnológica Juvenil”, organizado por el I.E.P. Santa Rita con el apoyo del Alcalde de la Municipalidad Distrital de El Porvenir; contó con el auspicio de la ANC y otras instituciones.

Participaron sesenta proyectos de Instituciones Educativas Públicas y Privadas del Perú y el extranjero; el ganador sería invitado a participar en la MOSTRATEC a realizarse en Novo Hamburgo – Brasil.

El Dr. Guerra-García elogió el evento al cual concurrieron representantes de colegios de todo el Perú y también del Ecuador.

Setiembre 11:

Tuvo lugar la inauguración de la Sala “Andrés A. Cáceres” en la Casa de Osambela, sede de las Academias Nacionales, con la develación del retrato del Presidente del Perú, en cuyo gobierno se creó la Academia Peruana de la Lengua, la Sociedad Geográfica de Lima, y se reconoció como nacional a la entonces Academia Libre de Medicina.

A la ceremonia asistieron los presidentes de las Academias de la Lengua, Ciencias, Historia y Medicina con miembros de sus juntas directivas.

Octubre 18:

El Presidente de la ANC asistió invitado al “XVI Congreso Peruano de Estudiantes de Ingeniería Química” en la ciudad de Huamanga, Ayacucho; organizado por la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; y presentó la conferencia “La Química en el Perú”.

Octubre 22:

Participó en el “III Encuentro Nacional de Docentes Investigadores e Innovadores” realizado en Huampaní, organizado por la Dirección de Investigación, Supervisión y Documentación Educativa del Ministerio de Educación.

El Dr. Guerra-García presentó el tema: “La investigación científica en el Perú. Una aproximación a lo realizado en Educación” y distribuyó a los asistentes un ejemplar del libro “Percepción de los jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica en Lima Metropolitana”, Portafolio OEI - Lima; Ciencia y Tecnología N° 1, set. 2010 proporcionado por OEI.

Río de Janeiro Noviembre 29 a Diciembre 03:

Participó en el Encuentro Científico “Avances y Perspectivas de la Ciencia en Brasil, América Latina y el Caribe 2010”, organizado por la Academia Brasileira de Ciencias (ABC) y la Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo (TWAS).

La reunión presentó la labor de los jóvenes científicos de la Academia de Ciencias para el Mundo en Desarrollo (TWAS) y los miembros afiliados a la Academia Brasileira de Ciencias (ABC), cumpliendo el ideal de unir en una sola reunión a los investigadores más jóvenes y los más experimentados; interacción que consideran “oxigena y alimenta el avance de la Ciencia en Brasil y la región”.

El viernes 03 tuvo lugar la reunión de los presidentes de Academias de Ciencias de Sudamérica que contó con la participación de Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Perú y Venezuela; en ella el Dr. Guerra-García solicitó apoyo para el Centro de Investigaciones en Materiales que la ANC ha elaborado.

## Informe del Presidente de la ANC Dr. Roger Guerra-García

A la Sesión Ordinaria de Asamblea General del Jueves 19 de agosto del 2010 - 18 hrs.  
Auditorio "Alberto Hurtado" del Campus Sur de la UPCH

### Introducción.-

Dando cumplimiento al Estatuto de tener una asamblea general anual; esta es la segunda que tengo ocasión de dirigir; la iniciaré con una presentación de las actividades de la Academia, después algunos de los miembros del Consejo Directivo harán una exposición de las actividades a su cargo en el periodo Setiembre 2009 - Agosto 2010.

### Consejo Directivo 2009-2012.-

Se han realizado 12 sesiones del Consejo Directivo: 05 sesiones de setiembre a diciembre 2009 y 07 sesiones de enero a agosto 2010.

### Acuerdos trascendentes.-

#### • Cuarta Sesión 2009 (09/Junio)

Se designó a los directores de Secciones:

SECCIONES	DIRECTORES
1) Ciencias Agrarias:	Dr. Marcel Gutiérrez Correa
2) Ciencias Exactas:	Dr. Manfred Horn
3) Ciencias de la Tierra:	Dr. Víctor Benavides
4) Ciencias de la Vida:	Dr. Abraham Vaisberg
5) Ciencias Sociales:	Dr. Max Vega-Centeno
6) Ciencias de Materiales:	Por designar

Se han sostenido algunas reuniones con los directores de las Secciones que se interrumpieron en el verano y se deben reanudar.

#### • Novena Sesión 2009 (13/Octubre)

##### Modificación del Reglamento para nuevas categorías.

Los asistentes aprobaron que la categoría de miembros activos tendría dos tipos:

1) Titular o de número y 2) Asociados.

En cuanto al número de miembros en cada una de las categorías, fue parecer de los presentes que se incremente el de titulares a 60, e igual número para los asociados.

#### • Décima Primera Sesión 2009 (15/Dic.)

##### Asistencia de los académicos a las actividades del 2009 y miembros eméritos:

El presidente presentó las hojas de asistencia a las actividades del 2009 que demuestran que algunos miembros no han asistido

a una sola sesión, tampoco se han excusado, y no han pagado la cuota anual; por lo que de acuerdo al Reglamento y Estatuto de la Academia, procede su separación. Fue aprobado.

Se acordó pasar a la categoría de Eméritos a partir del 2010 a la Dra. Lucía Pozzi Escott y el Dr. Carlos del Río.

#### • Primera Sesión 2010 (13/Enero):

Se aprobó la propuesta del Dr. Gonzáles de cobrar una cuota de admisión desde el 2010 a los nuevos miembros.

#### • Cuarta Sesión 2010 (08/Abril)

Se aprobó el Contrato de Co-Edición con la UNMSM para la publicación del Libro "Cultura y Personalidad" del Dr. Carlos Gutiérrez-Noriega; el compromiso de la ANC fue de cubrir S/.700 del costo de la publicación que asciende en total a S/.8,700; el Fondo Editorial de la UNMSM cubrirá S/.6,000 y la Facultad de Medicina de la UNMSM S/.2,000.

#### • Cuarta Sesión 2010 (08/Abril)

Se aprobó el pedido del presidente de conformar en la Academia grupos permanentes de trabajo en los temas de: Desastres Naturales, Energía, Educación en Ciencias, Cambio Climático, y Transgénicos; estos grupos incorporarían a los miembros de la ANC interesados y también a científicos y expertos con experiencia en ellos, buscando de preferencia que sean jóvenes a quienes se pueda incorporar posteriormente; se preparará propuesta por escrito.

#### • Quinta Sesión 2010 (18/Mayo)

##### Pronunciamiento de la ANC sobre el caso del biólogo Dr. Ernesto Bustamante

La ANC rechaza todo intento de limitar la libertad de crítica científica. Los científicos a través de la investigación cumplen una labor loable para beneficio de la sociedad, por ello no es aceptable que se encuentren limitados en su libertad de expresión con decisiones como la del Sexto Juzgado Penal de Lima. Habiendo sido apelada la



sentencia, la Academia Nacional de Ciencias se solidariza con el Dr. Ernesto Bustamante Donayre e invoca a la Corte Superior de Lima a que lo absuelva.

#### **Miembros.-**

La Academia cuenta actualmente con 36 miembros titulares divididos de la siguiente manera:

- Ciencias Exactas : 13
- Ciencias de la Vida : 06
- Ciencias de la Tierra : 06
- Ciencias Sociales : 06
- Ciencias Agrarias : 03
- Ciencias de Materiales : 02

Es evidente la necesidad de incrementar el número de académicos en las secciones de Ciencias Agrarias, Materiales, Sociales, de la Vida y de la Tierra; ello es posible por el incremento del número de académicos titulares a 60 lo que incrementará en cuatro o cinco vacantes para cada una de las secciones mencionadas.

La Academia tiene además 04 académicos eméritos, 09 correspondientes y 02 honorarios.

#### **Fallecimiento.-**

Del académico emérito Dr. Leopoldo Chiappo Galli ocurrido el 07 de marzo del 2010.

#### **Locales.-**

La Academia comparte la Casa de Osambela (Conde de Superunda 298-Lima) con sus pares de la Lengua, Historia y de la Medicina; en el ambiente asignado en el primer piso se ha iniciado una Biblioteca Histórica de Ciencias, que reúna los libros y revistas peruanas y extranjeras relevantes; para este propósito se ha contratado desde agosto 2009 a tiempo parcial a una bibliotecaria y se ha adquirido estantería metálica. La hemeroteca está en otro ambiente compartido con la Academia Nacional de Medicina. Se ha recibido del presidente la donación de dos estantes de madera para alojar a los libros. Se ha adquirido una computadora compatible con recursos del subsidio del Ministerio de Educación.

Gracias a la hospitalidad de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, para las sesiones de la Academia utilizamos este auditorio y cuando es requerido el auditorio mayor.

#### **Convenios.-**

Se ha suscrito con la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y está en trámite con la Universidad Nacional de Ingeniería y la Universidad Nacional Agraria La Molina. Cumpliendo la intención de suscribir convenios de colaboración con universidades calificadas del interior se ha firmado en Julio un Convenio Marco de Colaboración con la Universidad Nacional de Cajamarca.

Debo destacar la suscripción del Acuerdo Específico N° 02 del Convenio Marco de Cooperación con la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) para la realización de cuatro Seminarios-Taller sobre: Uso eficiente de la Energía, Sismos y Tsunamis, La Amazonía y La Educación en Ciencias que tuvieron lugar entre marzo y julio del presente año, coordinados por los académicos Manfred Horn, Ronald Woodman, Nicole Bernex, César Carranza y Gustavo Gonzáles, a quienes agradezco por la eficiencia y desinterés que han evidenciado.

Se ha presentado una propuesta de nuevo convenio a la OEI que permitirá estudiar desde setiembre la situación de las Facultades de Ciencias del país y luego organizar una reunión para discutir los resultados.

En el plano internacional, hemos recibido una invitación de la Academia de Ciencias de París para suscribir un convenio dirigido a impulsar la educación en ciencias, actividad conjunta con el Ministerio de Educación.

#### **Representación ante organismos nacionales.-**

Por Resolución Presidencial N° 216-2010-CONCYTEC-P del 12 de julio del 2010 el Dr. Augusto Mellado ha designado al presidente de la ANC como representante acreditado de CONCYTEC ante el International Council for Science (ICSU); se está gestionando ante la Cancillería el pago de las cuotas correspondientes a los años 2008 y 2009.

Como representante de la Comunidad Académica ante el Consejo Directivo del Programa de Ciencia y Tecnología (FINCYT), el presidente ha participado en sus sesiones desde setiembre 2009, e informado de lo tratado a los miembros del Consejo Directivo.

Se ha participado en las reuniones convocadas por la Oficina Regional en Lima de la Organización de Estados Iberoamericanos

para ver la situación de la ciencia en el Perú y se ha propuesto la creación de un Foro de Ciencia y Tecnología, que ha sido aprobada.

#### **Difusión de la ciencia.-**

Se han interrumpido las gestiones con el Instituto Nacional de Radio y Televisión del Perú (IRTP) pues su Presidente Ejecutivo, fue designado embajador en Brasil; estamos gestionando una entrevista con los nuevos directivos y tenemos listas las grabaciones de los Seminarios-Taller sobre Sismos y Tsunamis y también sobre La Amazonía; totalizan 18 videos de 30 minutos cada uno.

El diario “La República” otorgó una columna semanal a la ANC en la página TecnoCiencia que publica los miércoles; en ella han participado algunos miembros del Consejo Directivo.

Gracias a recursos proporcionados por la OEI, se ha avanzado en la preparación de cuatro videos que tratarán sobre los inicios de la ANC y algunos de sus fundadores: Alberto Hurtado, Luis E. Valcárcel y Pedro Weiss.

#### **Presencia de representantes de la ANC en reuniones científicas en el extranjero.-**

La Academia ha participado en las siguientes reuniones en el 2010:

- Del Dr. César Carranza en la “VII Reunión de los Puntos Focales Nacionales del Programa de Educación Científica IANAS” que organizó la Academia Brasileira de Ciencias en Río de Janeiro, 12-13 de Junio.
- El Presidente en el Taller “Inventing a Better Future: A Strategy for Building Regional Capacities in Science and Technology” realizado en Brasilia, 21-23 de julio, organizado por el Panel Interacadémico sobre Asuntos Internacionales (IAP), la Academia Brasileira de Ciencias y el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq); asistieron doce academias de América Latina y El Caribe representadas por sus presidentes o vicepresidentes; la ANC presentó las actividades realizadas en el 2009-2010 e informó el deseo de incrementar vínculos.
- El Dr. Gustavo Gonzáles asistirá a la “Conferencia Trienal y Asamblea General” de IANAS a realizarse del 26 al 28 de Agosto en Ottawa-Canadá.

#### En el 2009 participó:

- La bióloga Mónica Franchy en el “Segundo Seminario Regional IndagaLa y la Tercera Reunión en Evaluación: balance de acciones de cooperación” (22-24 de octubre 2009) realizados en Bogotá.

#### **Visitas recibidas.-**

- Del matemático español Dr. José Manuel Aroca Hernández-Ros quien brindó la Conferencia para la ANC el viernes 18 de setiembre 2009; con el tema “Salvador Dalí: ¿Matemáticas o ficción?”; la presentación estuvo a cargo del Dr. Christian Valqui.
- Del doctor en medicina Guillermo Whittembury, miembro correspondiente en Caracas-Venezuela quien ofreció una conferencia el 01 de octubre 2009; con el tema “50 años del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC); y Albert Einstein y los poros del agua”; la presentación estuvo a cargo del Dr. Alberto Cazorla.
- Del doctor en ciencias Javier Navarro Mariñas quien fue incorporado como miembro correspondiente el 03 de Diciembre 2009 con el tema: “Estructura Atómica de Receptores Sensoriales y Neuro-transmisión”; la presentación estuvo a cargo del Dr. Alberto Cazorla.
- Del Ph.D. en física Pieremaria Oddone, quien desde el 2005 es director del Laboratorio Nacional de Aceleradores Fermi (Fermilab, Chicago); fue incorporado como miembro correspondiente el 11 de Diciembre 2009 con el tema: “Ángeles y demonios: La física de partículas en la encrucijada”; la presentación estuvo a cargo del Dr. Víctor Latorre.
- Del doctor en ciencias moleculares Jorge Seminario quien fue incorporado como miembro correspondiente el 10 de Mayo del 2010 con el tema “Diseño de nano-dispositivos electrónicos para el reconocimiento de agentes químicos y biológicos”; la presentación estuvo a cargo del Dr. Modesto Montoya.



**Actividades científicas.-**

Se han realizado las siguientes sesiones de incorporación de miembros titulares:

- De la Dra. Olga R. Lock Sing el 03 de Setiembre 2009; con el tema: “Plantas Andinas y Amazónicas: Una contribución a su conocimiento químico”; la presentación estuvo a cargo del Dr. Guerra-García. Rindió homenaje al Dr. Emanuel Pozzi-Escot y a su maestro el doctor en química Xorge A. Domínguez del Tecnológico de Monterrey, México.
- Del Dr. Jorge L. Chau Chong Shing el 29 de Octubre con el tema: “Explorando el espacio cercano: Investigaciones sobre meteoros, plasmas y tiempo espacia”; la presentación estuvo a cargo del Vicepresidente de la ANC y Presidente del Instituto Geofísico del Perú Dr. Ronald Woodman.
- Del Dr. Ernesto Pollitt, el 12 de Noviembre con el tema: “¿Cual es la trayectoria que sigue el desarrollo infantil en el Perú?”, la presentación estuvo a cargo del Dr. Marcos Cueto. Rindió homenaje a su mentor el psiquiatra Dr. Humberto Rotondo.
- De la Mg. Ana Virginia Pastor de Abram el 13 de mayo; con el tema: “Química, Biodiversidad y Vida: algunas experiencias”; saludó al doctor en química Pedro Joseph Nathan, investigador emérito mexicano del Departamento de Química del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), del Instituto Politécnico Nacional de México, quien estuvo presente en la ceremonia. La presentación estuvo a cargo del Presidente de la ANC.
- De la Dra. Ruth Shady Solís el 07 de julio; con el tema: “La Civilización Caral: Trascendencia y Ocaso. Investigación multidisciplinaria con responsabilidad social”; la presentación estuvo a cargo del Dr. Guerra-García; la Dra. Shady saludó al Dr. Julio C. Tello, arqueólogo fundador de la ANC.

**Seminarios Talleres:**

- ✓ El jueves 18 de marzo 2010 tuvo lugar el Seminario Taller: “El uso eficiente de la energía en el Perú”, que coordinó el Dr. Manfred Horn; el evento que fue por

invitación, se realizó con auspicio de la OEI y fue co-organizado con el Ministerio de Energía y Minas, y la Universidad Nacional de Ingeniería; la GTZ colaboró en la realización del Taller.

- ✓ El 15 de abril se realizó el Seminario-Taller: “El rol de la ciencia en los desastres naturales - Sismos y Tsunamis”, coordinado por el Dr. Ronald Woodman; contó con el apoyo de la OEI y fue co-organizado con el Instituto Geofísico del Perú. Asistieron 70 personas, se está considerando replicarlo en la UNMSM y en la PUCP en el segundo semestre.
- ✓ El sábado 29 de mayo se realizó el Seminario-Taller “La Amazonía: Aporte de la ciencia a su conocimiento y el estado de salud de su población” de 08:00 a 19:30 hrs. en el auditorio del Colegio Médico del Perú, como actividad conjunta de la ANC con la Academia Nacional de Medicina; la sesión de la mañana contó con la asistencia de 120 personas, fue coordinada por la Dra. Nicole Bernex y tuvo el apoyo de la OEI; la sesión de la tarde estuvo a cargo de la ANM y fue coordinado por el Dr. Gustavo Gonzáles Rengifo.
- ✓ El sábado 03 de julio se llevó a cabo el Seminario-Taller: “La educación en ciencias en el Perú”, realizado en el auditorio de la Facultad de Ingeniería de la PUCP, coordinó el Dr. César Carranza; el programa se cumplió a cabalidad y mereció comentarios elogiosos de los participantes.

Al respecto, el presidente informó al Consejo Directivo que el lunes 05 se entrevistó con el Dr. Idel Vexler Talledo, Viceministro de Gestión Pedagógica del Ministerio de Educación a quien entregó una carpeta del Seminario-Taller, que le impresionó gratamente; por ello, se acordó replicarlo como labor conjunta de la Academia Nacional de Ciencias, el Ministerio de Educación y la Organización de Estados Iberoamericanos.

- ✓ El 04 de agosto tuvo lugar la réplica del Seminario-Taller “La educación en ciencias en el Perú” en el auditorio principal de la Cámara de Comercio de Lima, dirigido a profesores que siguen los cursos de CyT que organiza el Ministerio de Educación; asistieron 550 participantes. El Dr. Vexler

tuvo a su cargo la descripción de actividades que benefician a los profesores a través del Programa Nacional de Formación y Capacitación Permanente (PRONAFCAP); el Dr. Jaime Ávalos, Representante Permanente y Director Regional en el Perú de la OEI presentó el tema "Perspectivas de la educación científica; se anexan las recomendaciones.

#### Otras actividades:

- ❖ El 14 y 15 de Set. 2009 se realizó la Réplica del Seminario Taller sobre Bosques en la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina; coordinó la Dra. María Isabel Manta Nolasco, docente de la Facultad de Ciencias Forestales; la ANC estuvo representada por el Dr. Marcel Gutiérrez-Correa y participó como expositor el académico titular Ing. Pablo Sánchez Zevallos; también asistió el Representante de la OEI en el Perú Dr. José Ignacio López Soria.
- ❖ El 24 de Nov. 2009 se realizó el Simposio "Darwin 200 Años", en homenaje al nacimiento de este ilustre naturalista e intelectual británico y a los 150 de la publicación de su obra "El origen de las especies". Fue co-organizado con la Universidad Peruana Cayetano Heredia y contó con el apoyo de la Organización de Estados Iberoamericanos; participaron la rectora Dra. Fabiola León-Velarde, los profesores Oscar Pamo y Hugo Flores y el presidente de la ANC.
- ❖ El 29 de abril 2010 se realizó la Sesión extraordinaria de homenaje al fallecido Dr. Gerardo Ramos Cabredo, destacado matemático, ingeniero y educador peruano. Fue asesor del CONCYTEC inicial y tuvo a su cargo la preparación de los Lineamientos de Política Científica y Tecnológica para el Perú, oficializados por D.S. 27-83-ED. Participaron en el homenaje el presidente Dr. Roger Guerra-García, y los Drs. César Carranza y Víctor Latorre.

Estas actividades han tenido escasa asistencia de los miembros, al igual que en el año anterior, lo cual nos preocupa; su ausencia en esta Asamblea revela que algunos han perdido interés y que el Consejo Directivo deberá actuar según disposiciones estatutarias y reglamentarias.

#### **Relaciones internacionales.-**

La Academia mantiene sus vínculos con: IAP (InterAcademy Panel), IANAS (InterAmerican National Academy of Sciences), TWAS (La Academia de Ciencias del Tercer Mundo), ICSU (International Council for Science).

Particular relación se tiene con la Academia Brasileira de Ciencias que organizó la Reunión de Brasilia; su presidente es el matemático Dr. Jacob Palis, que nos envía periódicamente sus boletines de actividades; igualmente la Pontificia Academia de las Ciencias y la Academia Islámica de Ciencias nos remiten importantes publicaciones.

#### **Publicaciones.-**

En diciembre 2009 se publicó el N° 3 del Boletín dedicado a Darwin y que contiene las actividades de la ANC y los trabajos de incorporación de los académicos Gustavo Gonzáles, Olga Lock, Jorge Chau, Ernesto Pollit y su presentación a cargo de Marcos Cueto; también se reseña el fallecimiento de los Drs. Fernando Cabieses y Oscar Tovar, así como el centenario de Sebastián Barranca.

#### **Subsidio del Ministerio de Educación.-**

El subsidio de S/.55,000 nuevos soles que recibimos del Ministerio de Educación, dedica S/.21,244 nuevos soles a contrapartida del apoyo internacional que se recibe para la capacitación de profesores de matemática de primaria y secundaria; y del Programa ECBI que se realiza con el apoyo de IANAS y la OEA; lo coordina el Dr. Carranza. Se ha presentado una solicitud de incremento del subsidio a S/.100,000 nuevos soles para el 2011, que permitiría extender estas actividades a Biología y Química. Estos recursos permiten editar el Boletín, un suplemento para la secretaria y el pago de la biblioteca.

Debo agradecer la disposición favorable del Viceministro de Gestión Pedagógica, Dr. Idel Vexler, quien nos ha invitado a proponer un Convenio de Colaboración con el Ministerio de Educación.

Se estima conveniente que la Academia discuta y adopte algunos objetivos permanentes, esto es, que trasciendan el mandato del Consejo Directivo. Uno de ellos podría ser:

**Centro de Investigación y Tecnología en Materiales.-**

En el que participen las universidades y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Se ha presentado una propuesta preliminar al FINCYT, basada en un documento preparado años atrás por los académicos Víctor Latorre y Fernando Ponce; que debe ser actualizado y elaborado como proyecto especial. El Centro tendría actividades de docencia, investigación y servicios; será evaluado internacionalmente durante los primeros años; su importe llega a US\$ 4 millones, a ser considerados en la solicitud al BID para el nuevo convenio.

**Final.-**

La Academia puede ampliar sus actividades, pero es necesaria la participación activa de sus miembros, que por ahora se reduce al Consejo Directivo y cinco o seis académicos responsables de los seminarios realizados. La experiencia demuestra que los intereses de los académicos son variados y su tiempo escaso; por tanto, impulsaremos la modalidad de trabajo por grupos permanentes en temas como Educación en Ciencias, Energía, Desastres Naturales y Transgénicos. Ojalá de esta manera se pueda intensificar la profundidad de las exposiciones y de los debates, y hacer actividades conjuntas con universidades y sociedades científicas interesadas en tales temas.



## INFORME DE ACTIVIDADES ECBI

*Dr. César Carranza*

La Academia Nacional de Ciencias (ANC) llevó a cabo en el 2010 las siguientes actividades del “Programa de Enseñanza de las Ciencias en Base a la Indagación” (ECBI):

**1) “Tercer Curso Interamericano de Ciencias para Formadores de Profesores de Educación Primaria”**, realizado con la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), en la semana del 22 al 26 de febrero (09:00 a 18:00 hrs) en el campus de la PUCP.

### **Auspiciadores:**

La Organización de los Estados Americanos-Fondo Especial Multilateral del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral (OEA-FEMCIDI), el Programa de Educación en Ciencias de la Red Interamericana de Academias de Ciencias (IANAS), la PUCP y el Ministerio de Educación (MED).

### **Objetivo:**

Capacitar a profesores de Escuelas Primarias y Secundarias en los contenidos de Ciencias Naturales (Biología, Física y Química) y Matemática; así como a los equipos formados por cuatro profesores, de las especialidades de Biología, Física, Química y Matemática, llamados **Cuaternos** que aplican la metodología ECBI en los departamentos del Perú.

### **Participantes:**

- **Extranjeros.-** Cuatro profesores: Natalia Lara, profesora para la Enseñanza Primaria (Argentina), Jael Pérez, Biología y Odontología (Bolivia), Natalia Carrasco, profesor de Biología y Ciencias Naturales (Chile) y Norma Semma, Ingeniera Industrial (Colombia).
- **Peruanos.-** Asistieron veintiocho profesores, procedentes de catorce Direcciones Regionales de Educación (DRE): Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Huancavelica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Pasco, Piura y Tacna.

### **Desarrollo del Curso (temas de cada área):**

- **Matemática (Primer día):** Calculando residuos sin dividir y Congruencia doblando papel. César Carranza, Rosa Cardoso y Alex Molina.

- **Biología (Segundo día):** Relación entre seres vivos y ¿Qué sabemos acerca de la cadena alimenticia? Ruth Zelada y Elizabeth Aly.
- **Física (Tercer día):** Electrización por fricción y Flotación de cuerpos en el agua. Hugo Medina, José Cáceres y Rubén Sánchez.
- **Química (Cuarto día):** ¿Dónde Vivimos? y ¿Cómo contaminamos el ambiente? Maynard J. Kong, Esther Vadillo y Morayma Molina.
- **Actividad Integradora (Quinto día):** La contaminación Ambiental estudiada desde tres puntos de vista: Biología, Física y Química utilizando el lenguaje formal de las Matemáticas. C. Carranza, R. Cardoso, A. Molina, R. Zelada, M.J. Kong, E. Vadillo, M. Molina, R. Sánchez y H. Montes.

**2) “Primera Jornada de Enseñanza de las Ciencias en Base a la Indagación”** (Ayacucho 02-04 Set. 2010). Organizada con el Cuaderno ECBI de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSH) que coordina la Bióloga Brita Anaya; contó con el auspicio económico de la Red Peruana de Universidades (RPU) que envió al Dr. Carranza como profesor visitante; auspició el evento la Dirección Regional de Educación Ayacucho.

La Jornada tuvo lugar el sábado 04 en el Colegio emblemático Mariscal Cáceres se realizó en estrecha coordinación con los miembros del Cuaderno Secundario de ese colegio; desarrollaron las siguientes actividades:

- 08-09 Programa de Educación en Ciencias Básicas. César Carranza
- 09-11 Actividad de Física. Octavio Cerón y Kleber Jamanca
- 11-13 Actividad de Matemática. Félix Achallma y Eliseo Velásquez
- 15-17 Actividad de Química. Gloria Barboza y Juan Barnett
- 17-19 Actividad de Biología. Brita Anaya y Edwin Portal.

El Dr. Carranza realizó las siguientes actividades el jueves 02 de setiembre:

- 09-11 Charla informativa en el auditorio de la Facultad de Ingeniería de la UNSCH



sobre los programas de maestrías que ofrece la PUCP en: 1) Matemática, 2) Enseñanza de la Matemática, 3) Física, 4) Enseñanza de la Física; y doctorado en Matemática; asistieron docentes y estudiantes de la Escuela de Matemática y Física de UNSCH.

- 11-12 Reunión de Trabajo con los docentes de la UNSCH, miembros del Cuaterno Universitario ECBI-Ayacucho.

**Participación de miembros del Grupo ECBI en eventos de ANC, realizados gracias al apoyo de la OEI:**

**a) Seminario Taller “La Educación en Ciencias en el Perú”.**

Organizado con la PUCP, se realizó el sábado 03 de julio de 8.30 a 16.45 en su campus; uno de los temas presentados fue “La Educación en Ciencias Basado en la Indagación (ECBI), experiencia de un quinquenio” a cargo del Dr. César Carranza y el Grupo ECBI-PUCP: Rosa Cardoso, Maynard J. Kong, Ruth Zelada, Rubén Sánchez. (\*)

**b) Réplica del Seminario Taller “La Educación en Ciencias en el Perú”, para docentes del Programa Nacional de Formación y Capacitación Permanente (PRONAFCAP).**

Organizado por la ANC a solicitud del Ministerio de Educación; se realizó el 04 de agosto en el auditorio principal de la Cámara de Comercio de Lima; tuvo 500 participantes; por el grupo ECBI-PUCP expusieron los Drs. Maynard J. Kong y César Carranza, quien recibió aplausos por las cinco décadas de apoyo a la enseñanza de la matemática. (\*)

**c) Seminario “Días de la Ciencia en el Colegio San Ramón de Cajamarca”.**

Realizado del 26-28 Oct. 2010; participaron un centenar de estudiantes de cuarto y quinto años de secundaria acompañados de sus respectivos profesores de ciencias; el Dr. César Carranza presentó el tema “Estructura y Método de la Matemática Contemporánea”.

**Participación de los miembros del Grupo ECBI en actividades nacionales:**

**a) Curso “En la Indagación las Matemáticas y la Física andan juntas” (Mar. 2010).**

Organizado por el Centro de Investigación y Servicios Educativos (CISE-PUCP); ofrecido

por los profesores R. Cardoso y H. Montes, en el marco de los cursos de verano y formación continua.

**b) Conferencia en la Facultad de Educación de la PUCP (15 Oct.).**

La prof. Rosa Cardoso fue invitada por la Dra. Rosa Tafur, profesora del curso de didáctica de la Ciencias Naturales para realizar una clase usando la metodología ECBI. Asistieron las alumnas del nivel primario de la PUCP.

**c) Proyecto de Formación Continua para la Minera Antamina (Colqioc-Ancash May.-Nov.).**

Organizado por el Centro de Investigación y Servicios Educativos (CISE-PUCP) que envió como profesora tutora a la Mag. Rosa Cardoso. Las asesorías se realizaron tres días de cada semana, durante los siete meses fijados; se sugirió el uso de la metodología ECBI en las clases de ciencias.

**d) XXVIII Coloquio Nacional de Matemáticas (Lima, 09-13 Ago).**

Organizado por la Sociedad Matemática Peruana (SMP) y la PUCP; sus profesores y miembros del grupo ECBI: C. Carranza, R. Cardoso, A. Molina, H. Montes y R. Sánchez ofrecieron un cursillo de 6 horas sobre la aplicación del método que utilizan en el Programa.

**e) “Semana de Álgebra y Topología” (9-11 Dic.).**

Organizada por la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villareal, destacaron varios matemáticos de San Marcos, Católica y Villareal. Participaron dos miembros de ECBI-PUCP: el Dr. Carranza con la conferencia inaugural “La Estructura de la Matemática con sus bases el Álgebra y la Topología” y el Mag. Alex Molina con el tema “Los Grupos Topológicos”.

**Participación de los miembros del Grupo ECBI en actividades internacionales:**

**a) “VII Meeting of the Focal Points of the IANAS Science Education Program” (Rio de Janeiro-Brasil, 12-13 Jun).**

Organizado por el “Programa de Educación de Ciencias de IANAS” y la Academia Brasileira de Ciencias. Asistió el Dr. Carranza, miembro del Consejo Directivo de la ANC y Punto Focal peruano, expuso “El Programa ECBI desarrollado en el Perú”.

(\*) El detalle del evento fue publicado en el Boletín Extraordinario sobre Amazonía, diciembre 2010.

**b) Segundo Congreso de profesores de Ciencias de Educación Básica** (Santiago de Chile, 6-8 Oct).

Organizado por el Ministerio de Educación de Chile y el Programa de Cohesión Social Unión Europea-Chile; el objetivo fue propiciar el intercambio de experiencias pedagógicas entre docentes e investigadores en educación del ámbito nacional e internacional y la generación de propuestas que contribuyan al mejoramiento continuo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por la ANC asistió la Mag. Rosa Cardoso del Grupo ECBI-PUCP, expuso el tema: "Derechos y deberes con-ciencia para lograr la cohesión social desde ECBI".

**c) Seminario Regional "La main à la pâte"** (Caracas-Venezuela, 7-8 Oct. 2010).

Fue organizado por la Embajada de Francia en Venezuela, la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela, y la Fundación Empresas Polar; dirigido a coordinadores de programas de Educación en Ciencia Basada en la Indagación (ECBI) y a formadores de profesores en América Latina. Asistió en representación de la ANC, la integrante del Grupo ECBI-UPCH, Bióloga Mónica Franchy, quien expuso sobre el programa ECBI desarrollado en el Perú.

**d) Diplomado a Distancia "La Ciencia en tu Escuela"** (inicio: Agosto 2010)

Realizado por la Academia Mexicana de Ciencias con apoyo de la Secretaría de Educación Pública y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México; en el marco del convenio de colaboración con la ANC; duración: 33 semanas (5 módulos); el Dr. Carranza coordinador del convenio por la ANC envió la convocatoria a profesores integrantes de los cuaternos e interesados de los seminarios talleres. Se obtuvo 36 candidatos para un cupo de 30; por el interés mostrado fueron aceptados: 15 de los cuaternos secundarios y 21 jóvenes profesores universitarios y primarios participantes de los eventos de la ANC.

La experiencia descrita va a permitir que la AMC colabore con el sistema educativo peruano en la Enseñanza de las ciencias en la Educación Básica Regular, en particular en la escuela primaria; está en trámite la renovación del convenio AMC-ANC para el Programa "La Ciencia en tu Escuela" que será suscrito por sus presidentes.

**PLANES PILOTOS EN LIMA:**

**PLAN PILOTO MIGUEL GRAU (IE MGM)** (Colegio Nac. Secundario Miguel Grau de Magdalena)

Se continuó con el plan piloto iniciado en el 2006, dentro de los cursos que tiene a su cargo R. Cardoso como profesora de aula en cuatro años de secundaria: 1ro 2do 3ro y 5to; en todos ellos ha aplicado el método ECBI.

**PLAN PILOTO MARÍA PARADO DE BELLIDO (MPB)**

Se inició en el 2008 aplicando la metodología ECBI en el nivel primario, al año siguiente en secundaria; en la actualidad ha sido incluida oficialmente en el formato de la Unidad de Aprendizaje en el nivel primario, en el primer grado de secundaria, y los docentes la aplicarán en sus sesiones de clases de ciencias. El equipo está integrado por la Coordinadora: Carmen Olarte (Biología-Química), Noemí Rivera (Física), Percy Arias (Matemática) y Pilar Ponce (Nivel Primaria).

En el 2010 por motivos de refacción por conversión del colegio en emblemático no se efectuaron los Talleres para los profesores. Cabe señalar las 11 actividades realizadas en el 1º grado "C" de primaria por la profesora Pilar Ponce: 1) Conociendo nuestros sentidos, 2) Cuidando el agua, 3) Cuidando nuestro planeta, 4) Las partes del cuerpo humano, 5) Izquierda y derecha, 6) ¿Cómo nos movemos?, 7) ¿Cómo se mueve mi cuerpo?, 8) ¿Cómo me alimento?, 9) Los dientes y las gaseosas, 10) Los animales vertebrados y 11) ¿Qué sabemos de la materia?; así como las nueve actividades realizadas en 1º A, C y E en secundaria por la profesora Carmen Olarte: 1) La observación, 2) La base de la ciencia, 3) ¿Cómo influye la tecnología en la vida actual?, 4) Loncheras saludables, 5) Conociendo la materia que me rodea, 6) La energía nuestra de cada día, 7) El sistema solar, 8) Clases de suelo y sus características, y 9) El agua fuente de vida.

**NUEVOS CUATERNOS EN EL PAÍS:**

El grupo de docentes universitarios que dirige la aplicación de la Metodología ECBI, a nivel de todo el país está conformado por:

- **Matemática:** César Carranza, Rosa Cardoso y Alex Molina
- **Física:** Hugo Medina, José Cáceres, Hernán Montes y Rubén Sánchez
- **Química:** Maynard J. Kong, Esther Vadillo y Morayma Molina

- **Biología:** Ruth Zelada y María E. Gonzáles.

A los dieciséis cuaternos secundarios formados hasta el 2009 en diferentes departamentos del Perú se han agregado en el 2010 los siguientes:

- **C.N. La Libertad-Huaraz:** Hugo Medina (Biología), Betty Achic (Química), Carmen Llamoctanta (Física), Rita Vergara (Matemática)
- **Colegio de Aplicación Guamán Poma de Ayala- Ayacucho:** José Ciro Montes de Oca Alcarráz (responsable). Sonia León (Matemática), Félix Calle (Física), Wisina Loayza (Química) y Rosabela Romero (Biología).

Y a los siete cuaternos universitarios, los siguientes de:

- **Universidad Católica Sedes Sapientae (UCSS).** Gabriela Rodríguez (Coord.-Física), Norma Fuentes (Matemática), Betty Alfaro (Biología) y Angélica Urbano (Química).
- **Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG).** Gloria Ortiz (Coord.-Física), María Lora (Biología), Julio Valdivieso (Física) y Blanca Romero (Química).
- **Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM).** José Quispe (Coord.-Física), Sonia Sánchez (Química), Carlos Millones (Biología) y Oscar García (Matemática).

Al finalizar el 2010 se cuenta con: **10 cuaternos universitarios y 18 cuaternos secundarios.** Se pretende que los cuaternos secundarios de cada departamento tengan una universidad madrina que se encargue de reforzarlos académicamente, siguiendo recomendaciones de la metodología utilizada en el Perú para capacitar profesores de educación primaria en las áreas de matemáticas y ciencias naturales, detallada en la página 17 del Boletín 02 (diciembre del 2008).

#### ACTIVIDADES DE LOS CUATERNOS UNIVERSITARIOS:

**Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH):** Brita Anaya (Coordinadora-Biología), Gloria Barboza (Química), Octavio Cerón (Física), Félix Achallma (Matemática) y Nilton Loyola (Estadística).

Se realizaron las siguientes:

1. I Jornada de Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (02-04 set.2010) Participaron 60 docentes del magisterio y universitarios en los ambientes de la I.E.P. "Mariscal Cáceres", expusieron el Dr. Carranza y los docentes universitarios del Área de Física: Octavio Cerón, Kléber Janampa; Matemática: Félix Achallma, Biología Edwin Portal y Brita Anaya. La UNSCH otorgó el hospedaje al expositor y se contó con el apoyo del Vicerrectorado Académico.
2. Se aplicó la metodología ECBI a los estudiantes de la IEP "Mariscal Cáceres", en las áreas de Biología y Química, módulos sobre "Cadena Trófica" y "Sistema Digestivo".
3. Se incorporó el Prof. Ciro Montes de Oca de la especialidad de Física al equipo ECBI de Ayacucho, y asumió la responsabilidad del nuevo cuaderno formado en el Colegio de Aplicación de la UNSCH Guamán Poma de Ayala.
4. Se realizó la réplica de los talleres de biología y matemática con los docentes del Nivel Primario de la IEP "Mariscal Cáceres", con apoyo de los miembros del cuaderno secundario E. Alfaro y N. Huamán; los profesores de primaria quedaron motivados y manifestaron el compromiso de seguir trabajando el próximo año.

#### Metas logradas:

- Designación de nuevos miembros del cuaderno universitario UNSCH y responsables de cada área del cuaderno secundario del Colegio Emblemático "Mariscal Cáceres".
- Formación del nuevo cuaderno secundario del colegio de Aplicación Guamán Poma de Ayala. José Ciro Montes de Oca Alcarráz (responsable). Sonia León (Matemática), Félix Calle (Física), Wisina Loayza (Química) y Rosabela Romero (Biología)
- Aprobación del Proyecto de Investigación: *Influencia del método de enseñanza de indagación en el rendimiento académico de estudiantes secundarios de ciencia tecnología y ambiente de la Institución Educativa Pública "Mariscal Cáceres". Ayacucho 2011.* Responsable: B. Anaya. Miembros: Rosa Cortez, Tania Torres, María Navarro y Carlos Carrasco.



Dificultades:

- Las horas pedagógicas establecidas en la Institución Educativa son: 40 minutos, debe reajustarse para cumplir con lo programado para 2 horas en 80 minutos.
- El Programa no cuenta con material propio de multimedia, laptop, cámara fotográfica; para algunos materiales de laboratorio se tiene el apoyo de la Universidad.
- Los horarios no permiten una reunión de todos los miembros ECBI; se ha optado por realizarlas por áreas, y con los docentes de la I.E.P. "Mariscal Cáceres".

Sugerencias:

- Implementar y ejecutar talleres de difusión del Método ECBI en la región de Ayacucho, para preparar tanto a docentes universitarios como de Educación Secundaria y Primaria.
- Propiciar la firma de un Convenio Específico entre la UNSCH y la Dirección Regional de Educación de Ayacucho, para las facilidades del caso.
- Al concluir el año académico contar con una certificación del Responsable General del Programa ECBI del Perú, previa presentación de informe, para los docentes miembros del Equipo que han demostrado trabajo permanente.
- Que los módulos que se van elaborando cuenten con la revisión y validación de los expertos del Equipo ECBI-PUCP en las áreas correspondientes y al final constituyan material de trabajo para los docentes y estudiantes de todo el país.

**Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Ancash (UNASAM):** Irma Mandujano (Responsable-Biología), Ausberto Urquiaga (Física), Rosario Barra (Química) y Miguel Yglesias (Matemática).

Se efectuaron réplicas de los módulos desarrollados en Lima en el evento de febrero, con ajustes para adecuarlos al medio, a cargo de los miembros del cuatreno de UNASAM. Las actividades fueron:

Primera (Oct. 2010): Dirigida a profesores del Colegio Nacional Emblemático "La Libertad":

- 1) Relación entre seres vivos - I. Mandujano.
- 2) ¿Cómo Contaminamos? - R. Barra.
- 3) Congruencia doblando papel - M. Yglesias.

Los docentes participantes, formaron equipos de trabajo para los talleres que se ofrecieron usando la metodología ECBI; por su interés y dedicación se seleccionó a cuatro profesores para conformar el nuevo cuatreno del Colegio "La Libertad": Hugo Medina Collas (Biología), Betty Achic Alarcón (Química), Carmen Llamoctanta Trejo (Física), Rita Vergara Villagómez (Matemática). Cabe señalar que existe interés en los docentes de participar en acciones de capacitación enmarcadas dentro de las actividades relacionadas a la metodología ECBI.

Segunda (Nov. 2010): Se realizó en el Colegio de Ciencias Aplicadas "Víctor Ramos Guardia" dirigida a los profesores de la I. E. "Virgen de Natividad" de Cajamarquilla:

- 1) Congruencia doblando papel - M. Yglesias.
- 2) Relación entre los seres vivos - I. Mandujano.

Otras:

Los miembros del cuatreno universitario de la UNASAM, utilizan la metodología ECBI en el desarrollo de sus clases como profesores de la universidad, por ejemplo:

- I. Mandujano, aplica la metodología ECBI en la práctica del laboratorio que ofrece en la asignatura de Bioquímica para la Facultad de Ciencias del Ambiente-UNASAM.
- M. Yglesias utiliza la metodología ECBI en el desarrollo de las asignaturas de matemáticas que ofrece en el Colegio de Aplicación de la UNASAM, con gran éxito.

**Universidad Nacional de Cajamarca-UNC:** Rodolfo Padilla (Coordinador-Matemática), Norbil Tejada (Física), Consuelo Plasencia (Biología), Flor de María García (Química).

El cuatreno ha desarrollado el proyecto: "Capacitación en la Enseñanza en Ciencias Basadas en la Indagación (ECBI) a docentes del nivel Primario de Educación Básica Regular de la I.E. "Antonio Guillermo Urrelo"-Cajamarca".

Objetivo:

Desarrollar un Plan Piloto de Capacitación en la Enseñanza de las Ciencias (Biología, Física, Química y Matemática) mediante la aplicación de la Metodología de Indagación dirigido a los docentes de Educación Básica Regular del Nivel Primario en la Institución Educativa Antonio Guillermo Urrelo.

Resultados Esperados:

- Que los docentes del Nivel Primario de esa Institución Educativa puedan aplicar la metodología ECBI durante el desarrollo de sus clases en temas de Ciencias Básicas.
- Evaluar el desarrollo del proyecto como parte de un Plan Piloto de Educación de Ciencias Basada en la Indagación realizado en la Región Cajamarca, experiencia que podría ser compartida con otras realizadas en Regiones distintas por sus respectivos cuaternos universitarios como parte de la tarea que realiza la ANC.

La duración del proyecto es 12 meses, comprendidos entre oct. 2010 a set. 2011.

**CUATERNOS SECUNDARIOS**

**Lima-Comas: I.E. Esther Festini de Ramos Ocampo:** Gladys Cruz (Coordinadora-Biología), María Salcedo (Matemática), Florinda Marrón (Física), Danny Sáenz (Química).

Logros:

En el área de Ciencias, Tecnología Ambiente y Matemáticas, integrando Biología, Química, Física y Matemática en el tema de enfoque ambientalista, para estudiar, entender y manejar la naturaleza racionalmente y sostenida con el módulo “¿Cómo contaminamos el ambiente?” (de profesor y estudiante) recibidos en el 3er Curso Interamericano, aplicados a las alumnas del 3ro A-B-C-D-E-F y 4to A-B-C-D-E, lográndose participaciones en:

- Exposición del tema “Determinación del pH del suelo” en el Seminario Taller “La Educación en Ciencias en el Perú de la Cámara de Comercio de Lima, explica que las plantas solo pueden absorber los minerales en el agua, concluyendo que el suelo agrícola tiene que tener entre 6 a 7 para obtener buenos rendimientos agropecuarios.
- El vuelo de cohetes de agua en la municipalidad de Comas y en las Palmas-Surco, donde las alumnas disfrutaron de la experiencia.
- Estudio del airampo (semilla de cactus) que fue premiado a nivel de la Unidad de Gestión Educativa N°04-Comas; tuvo por objeto: Revalorarlo y aprovechar su valor nutricional y medicinal para elevar la calidad de vida y salud; difundir el consumo de este recurso natural por las propiedades

que tiene en la alimentación e industria, aprovechar su capacidad tintórea como colorante para decoraciones en postres, bebidas, etc.

- En Matemática se trabajó con cuadros estadísticos de la contaminación con tetraedros y figuras geométricas sólidas; en el tema del carbono de química, se construyó tetraedros con sorbetes y cartulinas, buscando el punto de equilibrio. Todas estas experiencias se realizaron en nuestra institución educativa.

Dificultades:

- Faltan insumos y materiales en las prácticas de laboratorio, por el alto costo de algunos insumos las alumnas no los pueden adquirir; por ejemplo: lentes de seguridad.
- El curso tiene 3 horas pedagógicas (120 minutos), insuficiente para la labor planificada.

Sugerencia:

- Se coordinará con la Dirección y la Asociación de padres de familia, para que en el 2011 haya un aumento de horas de clase en Ciencias.

**Piura- I.E. San José de Tarbes:** Mariela Arrese (Coordinadora-Matemática), Verónica García (Biología), Catherine Palacios (Física), Lilie Valladares (Química) y Nury del Pilar Gómez (Primaria).

Logros:

- La participación de un 82% de docentes del nivel primario en la implementación de la metodología ECBI; adquirieron desarrollo de capacidades y mayores conocimientos especializados en las áreas trabajadas.
- Se diseñaron módulos didácticos adaptados a la realidad y necesidades de las alumnas, permitiendo el aprendizaje activo de las ciencias.
- La aplicación de la metodología en las sesiones de aprendizaje en todos los grados de las áreas de Ciencia y Ambiente, y Matemática, se realizó en un 70%; concitó interés y la participación de las docentes y alumnas en el desarrollo de los aprendizajes.
- Las alumnas desarrollaron sus capacidades de indagación, experimentación, contrastación y aplicación en los diferentes módulos ejecutados.

- Permanente acompañamiento y monitoreo, con apertura y aceptación de los docentes.
- Incondicional apoyo de la I.E en infraestructura, laboratorio y multimedia.
- El desarrollo de dicho proyecto innovador abarcó un total de 240 horas pedagógicas.

#### Dificultades:

- El 18% de las docentes del nivel primario no participaron en el desarrollo del proyecto por cruce de horarios y actividades
- Escaso apoyo económico de la I.E. para la aplicación del proyecto.
- Se reajustaron horas de aplicación de la metodología ECBI porque las horas propuestas en el proyecto no eran suficientes.

#### Sugerencias:

- Continuar con la implementación y aplicación de la Metodología ECBI en las demás áreas.
- Que la participación de las docentes sea en pleno por el bien de la mejora de la enseñanza y el logro de aprendizajes de calidad en nuestras alumnas.
- Mayor apoyo económico por parte de nuestra institución para optimizar la aplicación de la Metodología ECBI en nuestra I.E.

### **AGRADECIMIENTOS**

La ANC, expresa su especial reconocimiento a las siguientes instituciones y personas:

- Al MINEDU, en la persona del Viceministro de Gestión Pedagógica Dr. Idel Vexler, que este año, aumentó el monto de la subvención a la ANC de S/.55.000 a S/.100.000 nuevos soles; hacemos extensivo nuestro particular agradecimiento a la funcionaria del MINEDU Roxana Ramírez por su atención permanente.

- La PUCP, que desde el inicio del Programa ECBI en el 2006, se ha convertido en la patrocinadora de todas las actividades lectivas, ayudando con personal académico, administrativo e infraestructura física.
- A la OEA, colaboradora en la formación de científicos peruanos, que desde el 2008, ha vuelto a ofrecer su ayuda económica a través de su eficiente oficina en Lima, para realizar el Primer, Segundo y Tercer Cursos Interamericanos de Ciencias para Formadores de Profesores de Educación Primaria (febrero, 2008, 2009 y 2010).
- A la OEI, por el apoyo académico y económico de los Seminarios Taller de Educación en Ciencias realizados en la PUCP y la Cámara de Comercio. En la persona del Dr. Jaime Avalos, Representante Permanente y Director Regional.
- A la Interamerican Network of Sciences Academies (IANAS), por proporcionar fondos para realizar las actividades internacionales y nacionales que permiten capacitar a los miembros del grupo ECBI-PERU y en general a profesores secundarios y primarios peruanos.
- Finalmente, al grupo ECBI-PERU: R. Zelada (Mag. en Biología), M. Franchy (Lic. en Biología), H. Medina (Msc. en Física), H. Montes (Mag. en Física), R. Sánchez (Mag. en Física), J. Cáceres (Lic. en Física-Matemática), M. J. Kong (Dr. en Química), E. Vadillo (Mag. en Química), A. Molina (Mag. en Matemática) R. Cardoso (Mag. en Enseñanza de la Matemática), y C. Iman (Mag. en Matemática).

## TRABAJOS DE INCORPORACIÓN

**La Nanoelectrónica y la Electrónica Molecular****Jorge M. Seminario and Karim Salazar**

*Department of Chemical Engineering  
Department of Electrical and Computer Engineering  
Materials Science and Engineering Program  
Texas A&M University  
College Station, Texas, USA*

**Resumen**

La nanotecnología ofrece herramientas para el diseño de nano-dispositivos electrónicos capaces de detectar agentes tóxicos, desarrollar operaciones lógicas y comunicar la información a fin de elaborar sensores automatizados para neutralizar el agente tóxico detectado. El uso de componentes moleculares en la fabricación de nano-sensores, resulta ventajoso debido a la alta capacidad de transmisión de información, eficiencia y rapidez de las operaciones. El objetivo de la nanotecnología es el desarrollo de nano-sensores inteligentes mediante la interacción de propiedades moleculares, como el potencial electrostático molecular, el transporte de información usando señales vibracionales. Resultados preliminares ya han sido obtenidos mediante técnicas computacionales que permiten estudiar a los sistemas usando métodos basados en principios básicos de la materia, como la mecánica cuántica, mecánica molecular y dinámica molecular; así como también experimentos para probar los resultados preliminares y los modelos elaborados.

Con el uso de señales de potenciales moleculares, se usarían cascadas de compuertas lógicas a nivel molecular, las cuales nos permitirían realizar funciones matemáticas de todo tipo. Las señales de entrada y de salida de una compuerta lógica tendrían valores positivos y negativos del potencial electrostático molecular. La información contenida en la salida se transportaría a través de moléculas lineales mediante fluctuaciones de los modos vibracionales en el rango de terahertz (THz).

**Descriptores:** Nanotecnología, nano-sensores programables, compuertas lógicas moleculares, potenciales electrostáticos moleculares, transporte eléctrico, señales vibracionales.

**Abstract**

Nanotechnology offers tools for the design of electronic nano-devices capable to detect toxic agents, to develop logic operations and to communicate information in order to elaborate automata sensors for the toxic agent neutralization. The use of molecular components in the fabrication of nano-sensors results advantageous due to the high capability to transmit information, efficiency and fast operations. The goal is the development of intelligent nano-sensors based on the interaction of molecular properties such as the electrostatic potential, and vibrational signals. Preliminary results have been obtained through computational techniques, which allow us the study molecular devices from first principles such as quantum mechanisms, molecular mechanics and molecular dynamics, as well as, experiments for proof the concepts and elaborated models. Using molecular electrostatic potentials to encode signals, an array or cascade of molecular gates would suffice to perform any type of arithmetic operations. Finally, the information located in the output will be transmitted along lineal molecules through the vibrational modes fluctuations at THz frequencies.

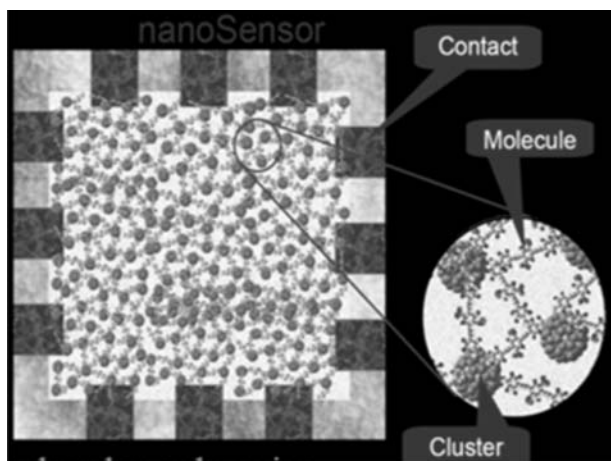
**Keywords:** Nanotechnology, programmable nano-sensors, logic gates, molecular electrostatic potential, electron transport, vibrational signals.

**Introducción**

El desarrollo de tecnologías de ensamblaje así como las técnicas de deposición y manipulación a nivel molecular abren un amplio panorama en el diseño y fabricación de circuitos y dispositivos moleculares [1-4]. La capacidad de decidir la neutralización de un agente tóxico detectado, mediante operaciones lógicas basadas en señales vibracionales [5], potencial electrostático molecular [6], orientación del spin electrónico [7-9] y bi-estabilidad óptica [10-12], resultan en novedosos panoramas de codificación y decodificación de información, aplicables para circuitos en la escala de nanómetros. Por otro lado, el procesamiento lógico de información de respuestas bioquímicas, resulta importante en el diseño de sensores, ya que las rutas metabólicas son altamente controladas y específicas [13]. Esta nueva visión de sensores



inteligentes requiere del estudio de las interacciones moleculares de los componentes de nano-arquitecturas, los cuales difícilmente se logran estudiar experimentalmente; sin embargo, se logra simular escenarios hipotéticos mediante la mecánica cuántica, mecánica molecular y dinámica molecular [14].



**Figure 1.** Bosquejo de un sensor inteligente capaz de procesar información de algún agente biológico detectado.

Nuestra investigación se centra en el diseño y estudio de los componentes e interacciones de nano-celdas programables [15-17] (Figura 1) a través de procesos computacionales para fines de detección de agentes químicos y biológicos [18]. Los componentes son analizados a nivel molecular mediante herramientas usadas en nanotecnología, a fin de analizar el proceso de detección molecular de los componentes sensibles del sensor, así como la comunicación de la información mediante moléculas portadoras y la traducción del fenómeno químico a señales eléctricas y vibracionales fácilmente detectables. En este contexto, se ha desarrollado diversos escenarios para ensamblar eficientemente cada componente del nano-detector a fin de conferirle especificidad, rapidez y lógica. Los escenarios son (1) potencial electrostático molecular, (2) señales vibracionales y (3) transporte de electrones a través de moléculas, tanto las que intervienen directamente en la detección como las que forman parte de los demás componentes del sensor. Cabe resaltar que la mayoría de sensores están basados en la medición de la variación de la corriente eléctrica; sin embargo el uso del potencial electrostático molecular y señales vibracionales resulta muy eficiente

debido al bajo poder de consumo y largo ancho de banda, el cual nos permite operar en el rango de THz para codificar, procesar y detectar la información con gran rapidez.

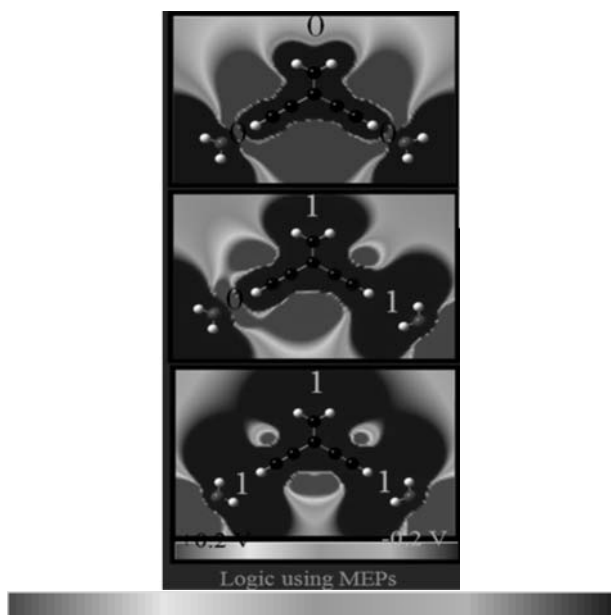
### Potencial electrostático molecular (PEM).

Las interacciones moleculares pueden codificarse mediante el cambio del PEM de un sistema molecular. En algunos casos, el MEP de un compuesto es inducido por la presencia de otro en tal medida que se obtienen operaciones binarias lógicas, permitiéndose diseñar circuitos capaces de realizar operaciones lógicas en cascada a nivel molecular [6, 19, 20] (Figura 3). Mediante el uso de la mecánica cuántica, hemos diseñado diversas compuertas lógicas compuestas por moléculas, en donde el potencial electrostático molecular se representa como un dígito binario, si es negativo un 0 y si es positivo un 1. Por ejemplo, encontramos una compuerta AND como resultado de la interacción del potencial electrostático positivo y negativo de dos moléculas de cianuro de hidrogeno sobre el 3- y 5-fluor del 1,3,5-trifluorobenzene (TFB). El output se lee en la vecindad de un átomo de berilio ubicado a 3.2 Å de TFB, sobre el 1-fluor [19]. Nuestros estudios muestran la posibilidad de diseñar un dispositivo molecular con función de compuerta lógica OR compuesto por 1,1-diethynylethene y dos moléculas de agua como inputs, en donde la operación lógica se obtiene como resultado de la aplicación del potencial electrostático molecular positivo y negativo de las dos moléculas de agua sobre el grupo ethynyl ubicados en los extremos del compuesto 1,1-diethynylethene, mientras que el ethynyl grupo ubicado en la superficie es usado como región del output (Figura 2). En estos dos casos, las señales de entrada se obtienen de moléculas con potenciales electrostáticos moleculares positivo y negativo bien establecidos, como el agua o el cianuro de hidrogeno, pudiendo usarse otras que resulten más fácilmente manipulables. Es interesante mencionar que en todos los casos analizados, la energía para ingresar la información o activar la compuerta molecular, en el peor de los casos corresponde a 7 kcal/mol [21]. Esto es una cantidad de energía por lo menos tres a cuatro órdenes de magnitud menor que la necesaria en dispositivos semiconductores.

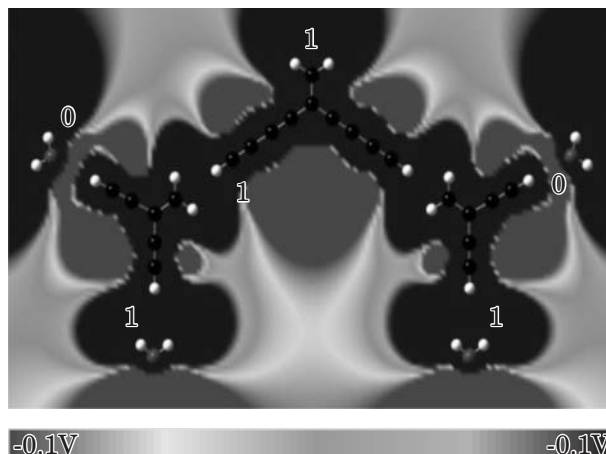
Hemos analizado también el efecto del sustrato en la compuerta lógica OR compuesta por 1,1-diethynylethene y dos moléculas de agua como entradas, en donde los elementos de la compuerta molecular están separados 4 Å del sustrato. En este estudio se encontró que el

grafeno afecta en la lectura del potencial electrostático molecular en la vecindad de la salida cuando se aplica el potencial electrostático molecular negativo de dos moléculas de agua ya que se forma un potencial negativo alrededor del 1,1-diethynylethene debido al potencial negativo que el grafeno muestra en su superficie; sin embargo el efecto se neutraliza cuando se agrega más capas de grafeno como sustrato. El silicón sin embargo no influye en la compuerta lógica debido al bajo potencial mostrado [22].

Para la aplicabilidad de las compuertas lógicas en base al PEM, es necesario decodificar el fenómeno mediante el diseño de micro-interfaces. Nuestro estudio muestra la lectura de una compuerta lógica OR mediante la medida de la corriente electrónica de un sistema compuesto por 3,6-bis(phenylethynyl) conectado a dos electrodos de oro mediante el enlace químico con sulfuro, en el cual dos átomos de carbono del ring central son reemplazados por átomos de nitrógeno a fin de generar un momento dipolar necesario para la rotación del anillo, ante la aplicación un potencial electrónico externo inducido por el potencial electrostático molecular de la compuerta lógica OR en la vecindad de la región del output. Los resultados muestran que la rotación del anillo central genera una diferencia en la corriente electrónica a través de la molécula [23].



**Figura 2.** Compuertas lógicas moleculares basadas en el potencial electrostático molecular. El gráfico muestra a una compuerta OR que está compuesta por un 1,1-diethynylethene y dos moléculas de agua (input).



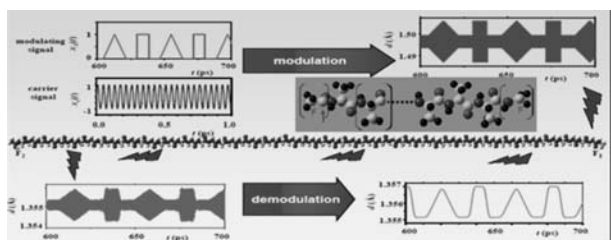
**Figure 3.** Compuertas lógicas en cascada en las cuales las entradas son las salidas de dos compuertas OR, cada una compuesta por 1,1-diethynylethene y dos moléculas de agua usadas como potenciales de entrada. Todos las combinaciones de entrada fueron probados exitosamente.

### Señales vibracionales.

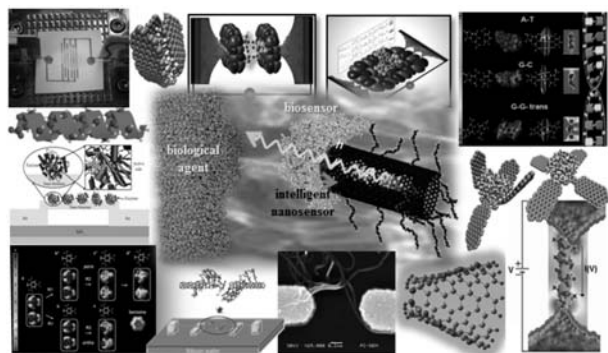
Nuestros estudios demuestran que los modos vibracionales de un analito se logran imprimir sobre el clúster de silicón o capas de grafeno fácilmente detectables, permitiendo la detección de pequeñas concentraciones de analito mediante el análisis de espectroscopia sobre la superficie de materiales específicos y clústeres [24-25]. Para ello, se analizó la interface de un clúster de silicón con un grupo bencénico, a fin de identificar la impresión de modos vibracionales de la molécula blanco en el espectro infrarrojo del clúster. El clúster de silicón fue pasivado con átomos de hidrogeno, su forma es piramidal y el benceno se encuentra unido al clúster a una distancia de 1.90 Å en dos puntos de estudio, en el ápice de la pirámide y por debajo de la base de la misma [26].

En el caso del grafeno, la interacción molecular de gases adsorbidos sobre la superficie de varias capas del material, actúa como un amplificador de señales vibracionales en la región de THz (<66 THz). Se analizó moléculas como N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, a modo de prueba, adsorbidas sobre la superficie grafeno con una distancia de interface de 3.50 Å; para los sistemas compuestos por tricapas de grafenos, se usó el posicionamiento de Bernal (ABAB...) y rombohedral (ABCABC...). El estudio de la espectroscopia Raman de los sistemas de multi-capas de grafeno descritos, muestra intensidades en la región del THz creados debido a la interacción

molecular entre ellas, en donde los modos vibracionales de las moléculas gaseosas  $N_2$  y  $O_2$  se imprimen, aumentando el número de modos e intensidad [27].



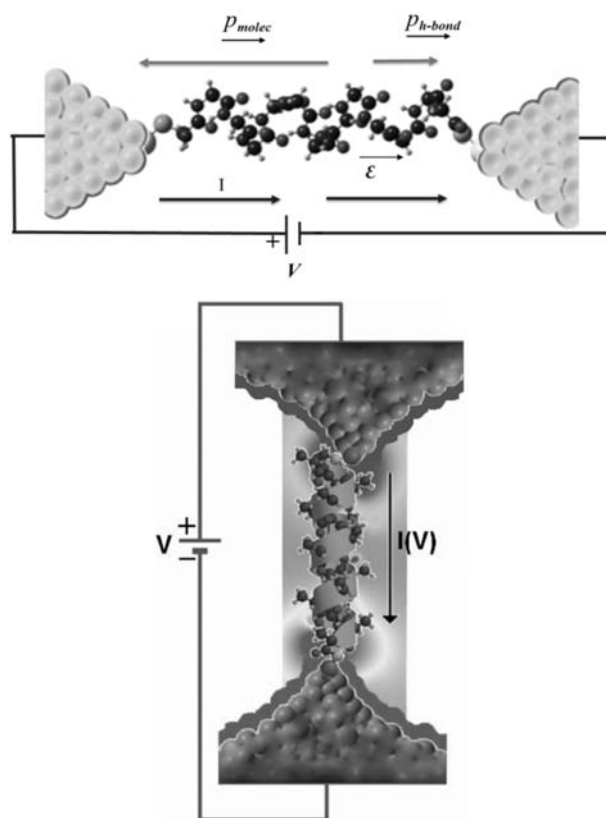
**Figura 4.** El envío de señales a través de biomoléculas lineales fue provado mediante simulaciones de dinámica molecular. Una señal modulante modula a una portadora de frecuencia similar a un de los modos vibracionales de la molecula lineal. La señal introducida en un terminal del cable molecular viaja a través del cable y fue recuperada en el otro terminal después de su demodulación la señal de salida fue prácticamente similar a la entrada [28,29].



**Figura 5.** Alternativas para la implementación de sensores inteligentes capaces de buscar agentes biológicos específicos.

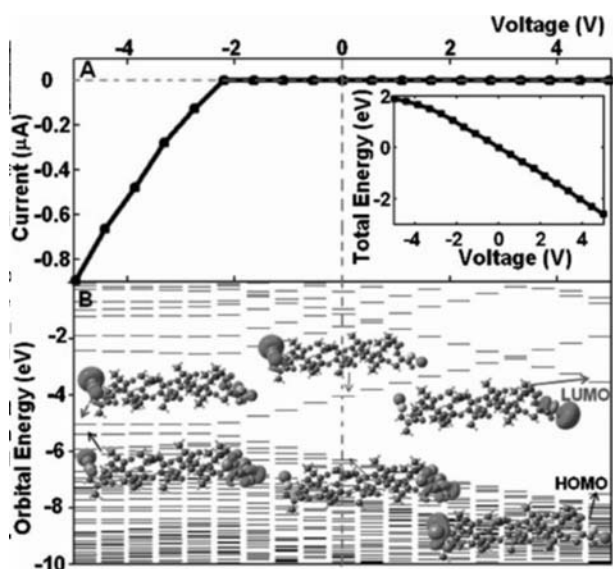
Nuestros estudios muestran que las señales vibracionales se transmiten sobre moléculas lineales muy largas como poliglicina y polialanina. Para este estudio se usó dinámica molecular y técnicas de procesamiento de señal digital (Figura 4). Para el caso de poliglicina compuesta por 1000 monómeros, se demostró que la inyección de señales vibracionales a una frecuencia modulada sobre un enlace C-N, se transmite sobre un extremo hacia el otro de un polímero. La molécula de poliglicina se conectó a clústeres de oro en ambos extremos mediante el enlace con sulfuro, a modo de estudiar el uso de moléculas como carriers de

señales vibracionales en rango de THz, modulándolas a través de ellas a frecuencias ubicadas en la región del infrarojo. Los resultados obtenidos de las señales vibracionales sobre diversos puntos de la molécula varían; por ejemplo el enlace C-N manipulado por la inyección de una señal de 1.8 THz de banda ancha, muestra un pico en la frecuencia de 23.81 THz sobre el extremo expuesto, luego a lo largo de la molécula decae con una tasa del 6% de la señal por residuo [5]. También se ha estudiado la molécula lineal polialanina, como línea de transmisión para alimentar el potencial electrostático molecular de un dispositivo OR lógico molecular, mediante la transferencia de señales vibracionales desde un extremo a otro de la polialanina. El input es un pulso con forma determinada, introducido mediante vibraciones mecánicas sobre el enlace C-C desde un extremo de la molécula y el output es tomado mediante la oscilación del enlace N-C ubicado en el extremo opuesto [30].

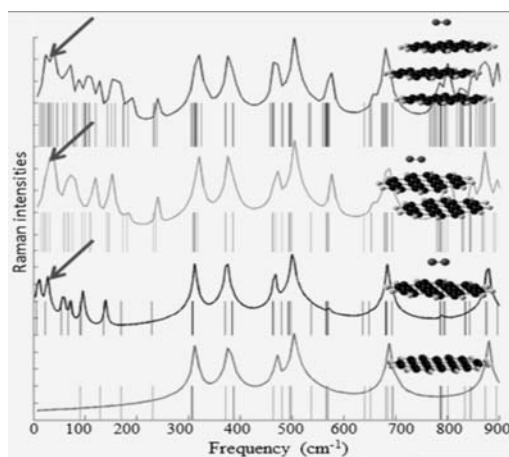


**Figura 6.** Los diodos son los más básicos dispositivos electrónicos y pueden ser usados como sensores de solo un nanómetro de largo y solo unos Angstroms de diámetro. Es realmente extraordinario como la naturaleza ya los había implementado en seres biológicos de una manera tan perfecta para que puedan funcionar en circuitos de tres dimensiones.





**Figura 7.** Parte A muestra la curva corriente versus voltaje de la molécula de polyalanina la cual se comporta como un diodo perfecto. Con voltajes positivos la molécula no conduce corriente (es un aislante) pero con voltajes menores de 2 voltios, la molécula se comporta como un conductor. La parte B de la Figura muestra la explicación de porque este comportamiento tipo diodo. Con voltaje cero, la energía entre el orbital molecular ocupado más alto (HOMO) y el orbital molecular desocupado más bajo (LUMO) es muy alta que no permite la conducción de electrones. Si el voltaje aplicado se incrementa, hace que la separación HOMO-LUMO (HLG) se incremente, deteniendo aún más el paso de la corriente de electrones. Sin embargo, cuando el potencial aplicado se hace negativo, el HLG se reduce hasta que el HOMO y el LUMO colapsan permitiendo el paso de electrones. Lo más saltante de esta demostración es que la corriente eléctrica pasa a través de los puentes de hidrogeno que puentean a la hélice de la alamina que en este caso tiene la función de soporte del dispositivo.



**Figura 9.** Moléculas de grafeno son capaces de mostrar plasmones que no son más que electrones en estado de plasma. Esto se debe a la alta resonancia de los orbitales moleculares  $sp^2$ . Este plasma puede vibrar de manera diferente con cualquier molécula que se acomode en la superficie y que por más pequeña que sea, será detectable en la molécula de grafeno. Esto permitirá en un futuro cercano la fabricación de sensores muy específicos y precisos. Grafenos son también candidatos favoritos para desarrollar una electrónica post-CMOS. La figura muestra el espectro de Raman cuando una molécula está presente y cuando no lo está sobre la molécula de grafeno.

Para el caso del reconocimiento molecular de sistemas biológicos, se analizó la espectroscopia de dicroísmo circular (DC) para el sitio de activación de la enzima soluble guanilate cicla-se, el cual consiste en la formación de un enlace covalente del N y C de los gases NO y CO respectivamente con el ion ferroso del complejo formado por el anillo porfirina e histidina localizados en la enzima. En este estudio se comparó diversas formas de traducir el reconocimiento molecular del modelo biológico como corriente-voltaje, espectro infrarojo, Raman y DC. El DC espectro resultó más eficiente que el infrarojo, Raman y la respuesta eléctrica del sistema; debido a la diferencia del ángulo que se forma con el enlace generado durante la detección (Fe-CO, Fe-NO y Fe-O<sub>2</sub> como posible interferencia) con respecto al plano de la porfirina, obteniéndose una respuesta negativa para el CO y positivas para el NO y O<sub>2</sub>, sin embargo los dos últimos casos presentan características opuestas [31].

Bajo este escenario, es posible transmitir la señal de un ligando durante el reconocimiento de la proteína receptora, el cual causa cambio configuracionales propagándose desde el sitio de afinidad hacia la superficie y/o extremo de la proteína, mediante las interacciones de no-enlaces.

### Transporte de electrones

La probabilidad del transporte de electrones de una molécula conectada a nano-electrodos se resuelve mediante la teoría de densidad funcional y ecuaciones de Green. Nosotros aplicamos estas técnicas para predecir las características electrónicas de un sistema, el cual puede ser el mismo fenómeno a detectar, como la secuencia de nucleótidos erradas en el DNA; así como moléculas e interfaces de los componentes

electrónicos del nano-sensor. Para la lectura de secuencias de nucleótidos, nuestras investigaciones concluyen que las características eléctricas son identificables durante la medición transversal de la corriente, simulando el paso vertical y controlado del DNA dentro de un poro con nano-electrodos de oro en su interior [32,33]. Errores de complementariedad de los nucleótidos como AA, CC, GG, TT resultan menos conductivos que los pares complementarios de nucleótidos, siendo el más conductor el par CT [33]. Se realizó simulaciones de la aplicación de corriente eléctrica transversal al DNA, considerando un bulk de átomos de oro y de moléculas de DNA como electrodos, resultando más conductivo cuando se considera un bulk de oro como electrodo. La presencia de iones de Na como contra-iones sobre el grupo fosfato causa el incremento en las características del sistema a comparación del H<sup>+</sup>.

Las demás partes del componente del sensor evaluados son: los conectores, switches de activación, clústeres y su interacción con el sustrato. El estudio de la conducción electrónica de nanotubos de carbono metálicos (4,4) como conector entre oligo(phenylene ethylene) y clúster de silicón, indica que existe mayor conducción cuando el plano de los anillos de la órgano-molécula se encuentran con una configuración coplanar en comparación con la configuración perpendicular. Se analizó también diversos estados de oxidación para el sistema (neutral, anión, di-anión y tri-anión), siendo más conductivo en condición neutral. En el caso de switches moleculares, se ha analizado la fotoconversión de la provitamina D3 a vitamina D3, por medio del cual un pequeño pulso de laser UV representa una alternativa para introducir señales a sistemas moleculares. La simulación y medición en experimentos del reactante y producto de la fotoconversión resulta identificable, siendo mayor la conducción de la vitamina D3 [34].

## Conclusiones

El diseño de nano-sensores programables mediante el ensamble de componentes a escala nano, resulta viable a través de las operaciones lógicas obtenidas como resultado de la interacción del potencial electrostático molecular de un sistema compuesto por moléculas, en el cual los valores positivo y negativo del potencial molecular se representan como dígitos binarios 1 y 0, respectivamente. Otros indicios de la viabilidad del diseño de nano-sensores automátas son; (1) la operatividad de la compuerta lógica molecular cuando se encuentra adsorbido

sobre superficies inertes como los del clúster de silicón y bicapa de grafeno, (2) la traducción del potencial electrostático molecular de un nano-sistema a mediciones aplicables a escala micro, como la corriente eléctrica de un sistema compuesto por moléculas atrapadas en nano-electrodos de oro mediante enlaces sulfuro, cuyo principio metodológico se basa en el cambio configuracional de moléculas orgánicas ante la interacción del campo eléctrico generado por potenciales electrostáticos de un sistema externo; (3) fácil funcionalización de moléculas orgánicas a nano-estructuras metálicas como el nanotubo de carbono (4,4), el cual es el nanotubo con diámetro más pequeño sintetizado; (4) la capacidad de moléculas orgánicas lineales (poliglicina) para transportar la inyección de vibraciones mecánicas moduladas en el rango de THz desde un extremo hacia el otro, el cual puede alimentar el potencial electrostático molecular de una compuerta lógica; (5) la especificidad y el fácil discernimiento de la detección a través de la espectroscopia durante el reconocimiento molecular realizadas por biomoléculas y (6) la generación de señales vibracionales en orden de THz de multi-capas de grafeno y la impresión de modos vibracionales de compuestos adsorbidos.

## Agradecimientos

Agradecemos a los miembros presentes y pasados de nuestro grupo de investigación de Molecular y Nano Electrónica. También agradecemos a la U.S. Army Research Office, U.S. Defense Threat Reduction Agency y al U.S. Department of Energy/Basic Energy Science por el financiamiento de nuestras investigaciones.

## Referencias

- [1] J. Brugger, "Nanotechnology impact on sensors," *Nanotechnology*, vol. 20, p. 430206, 2009.
- [2] S. Y. Quek, M. Kamenetska, M. L. Steigerwald, H. J. Choi, S. G. Louie, M. S. Hybertsen, J. B. Neaton, and L. Venkataraman, "Mechanically controlled binary conductance switching of a single-molecule junction," *Nature nanotechnology*, vol. 4, pp. 230-234, 2009.
- [3] H. Song, Y. Kim, Y. H. Jang, M. A. Reed, and T. Lee, "Observation of molecular orbital gating," *Nature*, vol. 462, pp. 1039-1043, 2009.

- [4] K. C. Neuman, T. Lionnet, and J.-F. Allemand, "Single-Molecule Micromanipulation Techniques," *Annual Review of Material Research*, vol. 37, pp. 33-67, 2007.
- [5] L. Miao and J. M. Seminario, "Molecular Dynamics Simulations of Signal Transmission through a Glycine Peptide Chain," *J. Chem. Physics*, vol. 127, pp. 134708(1-5), 2007.
- [6] J. M. Seminario and L. Yan, "Cascade Configuration of Logical Gates Processing Information Encoded in Molecular Potentials" *Int. Journal of Quantum Chemistry*, vol. 107, pp. 754-761, 2007.
- [7] A. E. Popescu and R. Ionicioiu, "All-electrical quantum computational with mobile spin qubits," *Physical Review B*, vol. 69, 2004.
- [8] L. Jiang, J. S. Hodges, J. R. Maze, P. Maurer, J. M. Taylor, D. G. Cory, P. R. Hemmer, R. L. Walsworth, A. Yacoby, A. S. Zibrov, and M. D. Lukin, "Repetitive Readout of a Single Electronic Spin via Quantum Logic with Nuclear Spin Ancillae," *Science*, vol. 326, pp. 267-272, 2009.
- [9] B. P. Lanyon, J. D. Whitfield, G. G. Gillet, M. E. Goggin, M. P. Almeida, I. Kassal, J. D. Biamonte, M. Moheseni, B. J. Powell, M. Barbieri, A. Aspuru-Guzik, and A. G. White, "Towards quantum chemistry on a quantum computer," *Nature Chemistry*, vol. 2, pp. 106-111, 2010.
- [10] D. Englund, I. Fushman, A. Faraon, and J. Vuckovic, "Quantum dots in photonic crystals: From quantum information processing to single photon nonlinear optics," *Photonics and Nanostructures-Fundamental and Applications*, vol. 7, pp. 56-62, 2009.
- [11] D. A. Miller, "Are optical transistors the logical next step?," *Nature Photonics*, vol. 4, pp. 1-5, 2010.
- [12] B. S. Ham and J. Hahn, "Observations of ultraslow light-based photon logic gates: NAND/OR," *Applied Physics Letters*, vol. 94, pp. 101110(1-3), 2009.
- [13] F. Walsh, S. Balasubramaniam, D. Botvich, T. Suda, T. Nakano, S. F. Bush, and M. O. Foghlu. (2009). Hybrid DNA and Enzyme Based Computing for Address, Encoding, Link Switching and Error Correction in Molecular Communication. 3.
- [14] J. M. Seminario, "Molecular Electronics: Approaching reality," *Nature*, vol. 4, pp. 111-113, 2005.
- [15] J. M. Seminario, P. Derosa, L. Cordova, and B. Bozard, "Molecular Dynamics" in *Computational Chemistry: Reviews of Current Trends*. vol. 9, J. Leszczynski, Ed., ed: World Scientific, 2005, pp. 85-118.
- [16] J. M. Seminario, Y. Ma, and V. Tarigopula, "The Nanocell: A Chemically Assembled Molecular Electronic Circuit," *IEEE Sensors*, vol. 6, pp. 1614-1626, 2006.
- [17] A. J. Gimenez, G. Luna-Bárcenas, and J. M. Seminario, "Emulation of Molecular Programmability Using Microelectronics Programmable Devices," *J. Phys. Chem. C*, vol. 113, pp. 16254-16258, 2009.
- [18] A. J. Gimenez, G. Luna-Barcenas, and J. M. Seminario, "Analysis of Nano and Molecular Arrays of Negative Differential Resistance Devices for Sensing and Electronics," *IEEE Sensors*, vol. 9, pp. 1136-1141, 2009.
- [19] J. M. Seminario, L. Yan, and Y. Ma, "Scenario for Molecular-Level Signal Processing," *IEEE*, vol. 93, pp. 1753-1764, 2005.
- [20] L. Yan and J. M. Seminario, "Molecular Modeling Toward Molecular Potentials," *Int. Journal of Quantum Chemistry*, vol. 106, pp. 1964-1969, 2006.
- [21] J. M. Seminario, L. Yan, and Y. Ma, "Nanodetectors using Molecular Circuits Operating at THz Frequencies," *Proceedings of SPIE*, vol. 5995, pp. 59950R-(1-15), 2005.
- [22] N. L. Rangel and J. M. Seminario, "Molecular Electrostatic Potential Devices on Graphite and Silicon Surfaces," *J. Phys. Chem. A*, vol. 110, pp. 12298-12302, 2006.
- [23] N. L. Rangel and J. M. Seminario, "Nanomicrointerfaces to read Molecular Potentials into current-voltage based Electronics," *J. Chem. Physics*, vol. 128, pp. 114711(1-9), 2008.
- [24] L. R. Saenz, P. B. Balbuena, and J. M. Seminario, "Platinum testbeds: Interaction with oxygen," *J. Phys. Chem. A*, vol. 110, pp. 11968-11974, 2006.
- [25] C. Herrera and J. M. Seminario, "Study of nano-Structured Silicon-Phenyl nanoclusters Towards Single Molecule Sensing," *Int. J. High Speed Electron. Syst.*, vol. 17, pp. 327-338, 2007.
- [26] C. Herrera and J. M. Seminario, "Study of Nanostructured Silicon-Phenyl nanoclusters Toward single Molecule Sensing," *Int. J. of High Speed Electronics and Systems*, vol. 17, pp. 327-338, 2007.
- [27] N. L. Rangel and J. M. Seminario, "Graphene Terahertz Generators for Molecular Circuits and Sensors," *J. Phys. Chem. A*, vol. 112, pp. 13699-13705, 2008.

- [28] J. M. Seminario, L. Yan, and Y. Ma, "Encoding and transport of information in molecular and biomolecular systems," *Proc. IEEE Nanotech. Conf.*, vol. 5, pp. 65-68, 2005.
- [29] J. M. Seminario, L. Yan, and Y. Ma, "Transmission of Vibronic Signals in Molecular Circuits," *J. Phys. Chem. A*, vol. 109, pp. 9712-9715, 2005.
- [30] J. M. Seminario, L. Yan, and Y. Ma, "Encoding and Transport of Information in Molecular and Biomolecular Systems," *IEEE*, vol. 5, pp. 436-440, 2006.
- [31] K. Salazar-Salinas, L. A. Jauregui, C. Kubli-Garfias, and J. M. Seminario, "Molecular Biosensor based on a Coordinated iron complex," *J. Chem. Physics*, vol. 130, pp. 105101(1-9), 2009.
- [32] L. A. Jauregui, K. Salazar-Salinas, and J. M. Seminario, "Transverse Electronic Transport in Double-Stranded DNA Nucleotides," *J. Phys. Chem. B*, vol. 113, pp. 6230-6239, 2009.
- [33] L. A. Jauregui and J. M. Seminario, "A DNA Sensors for Sequencing and Mismatches Based Electron Transport Through Watson-Crick and Non-Watson-Crick Base Pairs," *IEEE Sensors*, vol. 8, pp. 803-813, 2008.
- [34] N. L. Rangel, K. S. Williams, and J. M. Seminario, "Light-Activated Molecular Conductivity of the Photoreaction of Vitamine D3," *J. Phys. Chem. A*, vol. 113, pp. 6740-6744, 2009.

## ACADEMICO CORRESPONDIENTE

### Dr. Jorge Seminario

Nacido en Perú, terminó el Bachillerato en 1975 y se graduó de Ingeniero Electrónico en 1980 en la Universidad Nacional de Ingeniería y de Doctor en Ciencias Moleculares en la Universidad de Illinois del Sur, Estados Unidos, en 1988. Sus especialidades cubren un amplio espectro de disciplinas que incluye, fuera de las mencionadas, la Ingeniería Química, la Ciencia e Ingeniería de Materiales y la Computación.

Antes de viajar a los Estados Unidos participó en la construcción del primer Reactor Nuclear del Perú en el Instituto Peruano de Energía Nuclear. En Estados Unidos ha sido profesor en las Universidades de Nueva Orleáns, Carolina del Sur y Texas A&M (Dirige el Grupo de Ingeniería Molecular y Nanométrica) donde, desde el 2006, ocupa la cátedra Fox otorgada por sus méritos académicos.

Es autor de más de 170 artículos en revistas arbitradas. Tiene 2 patentes, en sistemas moleculares y en nanocomputadoras. Ha editado 6 libros especializados. Es árbitro en más de 13 revistas del ISI especializadas y Consejero Editorial de tres revistas científicas.

La sesión de incorporación tuvo lugar el 10 de Mayo del 2010; la presentación estuvo a cargo del académico titular Dr. Modesto Montoya; su discurso de incorporación trató el tema: "Diseño de nano-dispositivos electrónicos para el reconocimiento de agentes químicos y biológicos" que se reproduce en este número.





## **PREVISIÓN DE DESASTRES SISMICOS: AVANCES EN EL PERÚ**

**Por: Leonidas C. Ocola A.**  
Facultad de Ciencias Físicas,  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
locolaa@unmsm.edu.pe

### **1. INTRODUCCION**

Los sismos pueden causar diversos grados de daño a los elementos expuestos: personas, edificaciones, naturaleza, etc., dependiendo de su vulnerabilidad y de la severidad del sacudimiento o movimiento del terreno. Los sismos pueden ser de origen natural o inducidos por las personas o sus obras. Cuando un sismo causa daños severos y/o altera el normal desarrollo de la población, se le denomina, popularmente, "terremoto". El nivel de daño que causan los sismos depende, además de la severidad de sacudimiento del suelo, de la peligrosidad de los fenómenos cosísmicos asociados, tales como: deslizamientos, derrumbes, licuefacción de terrenos, avalanchas de nieve y/o lodo, inundaciones por maremotos y/o lagomotos, etc. Cuando los daños y el impacto del sismo sobrepasan la capacidad de respuesta de una sociedad o comunidad para recuperar su normal funcionamiento por sus propios medios y requiere de la ayuda nacional y/o internacional, se le denomina desastre sísmico.

La severidad de sacudimiento del terreno, calificada en grados de las escalas macrosísmicas o en niveles de aceleraciones sísmicas máximas, depende de la cercanía del sitio (donde se experimenta u observa el paso de las ondas sísmicas) a la zona epicentral, las condiciones y naturaleza del terreno, la magnitud del sismo, profundidad y naturaleza de la fuente sísmica.

Los sismos se clasifican de acuerdo a las escalas de magnitudes. Algunas de estas escalas dependen de las amplitudes y periodos de las ondas sísmicas registradas a una distancia estándar y normalizadas por los efectos locales de sitio y clase de instrumento de registro, ejemplos: la magnitud local ML (magnitud de Richter), magnitud de ondas corpóreas compresionales mb/Mb, ondas superficiales Ms, etc. Estas escalas de magnitud clasifican los sismos apropiadamente dentro de un rango del "tamaño" del evento. Debido a la saturación que sufren los sistemas

de registro sísmico, cuando la severidad del movimiento sobrepasa el rango dinámico del instrumento, esta clase de magnitudes pierde efectividad. La escala de magnitud sísmica, físicamente significativa, que clasifica los sismos sin saturarse, es la escala de magnitud del momento sísmico Mw. Esta escala se basa en el momento sísmico calculado en función del desplazamiento promedio de la dislocación, dimensiones espaciales y propiedades elásticas (módulo elástico de rigidez) del material afectado en la fuente sísmica.

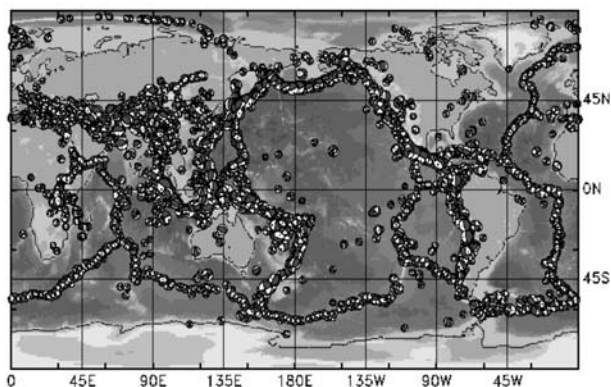
La previsión es un conjunto de actividades que generan conocimiento sobre el origen, peligrosidad, evolución espacial y temporal de fenómenos naturales o inducidos que causan desastres. En el manejo de los desastres por fenómenos naturales, esta etapa es muy importante, desafortunadamente, no se ha dado la debida importancia en la implementación de medidas de prevención de desastres. La prevención implica la implementación de medidas y/u obras diseñadas o dispuestas con anticipación para evitar o impedir la ocurrencia de un fenómeno o evento inducido peligroso, y/o disminuir su grado de peligrosidad, y/o reducir la vulnerabilidad de la población, de los elementos naturales y antropogénicos expuestos al peligro potencial que representa la ocurrencia del fenómeno o evento natural o inducido. Dependiendo del grado de conocimiento, la previsión puede comunicarse a la comunidad o a la población en general mediante la emisión de perspectivas, pronósticos, predicciones, alertas, etc., según el grado de conocimiento, documentación, certeza, y temporalidad.

En el presente documento, se revisa los avances en la previsión sísmica en Perú: caracterización de la sismicidad, evaluación del peligro sísmico, con las cuales el suscrito tuvo estrecha vinculación, y el reconocimiento de indicadores de fenómenos premonitores de la ocurrencia de fenómenos sísmicos en el territorio peruano, en el marco del patrón tectónico global.

### **2. EL PATRON TECTONICO GLOBAL Y LA OCURRENCIA DE LOS SISMOS**

El planeta Tierra es un cuerpo celeste muy activo, tal como demuestra la existencia de un campo magnético a través de su historia, la documentación de corrientes de convección en su interior, la distribución de los volcanes y

sismos, el suministro de material sólido y/o fluido del interior del planeta a la superficie terrestre, tanto en los continentes (volcanes) como en los fondos oceánicos (cordilleras y rifts (valles tensionales) submarinos) la formación y desaparición de montañas y cuencas oceánicas, el reciclaje del material superficial, testimoniado por el hecho que la edad de la roca más antigua encontrada en el fondo marino no sobrepasa los 200 millones de años, contra la edad de la roca más antigua en los continentes de ~4.5 mil millones ( $4.5 \times 10^9$ ) de años, Stacey (1992), a pesar que la superficie actual del fondo marino es ~2/3 la del globo terrestre. La Tierra actúa como una gigantesca máquina termomecánica teniendo como fuente un reservorio de energía térmica en el núcleo externo a más de  $4,000^\circ\text{C}$  entre los 2,950 km y 5,250 km de profundidad, y celdas de convección que circulan en el manto terrestre sólido, rompiendo la superficie terrestre en casquetes semi-esféricos cuyos bordes están delineados por los sismos (Figura 1), volcanes, cadenas montañosas (continentales y submarinas), etc., reciclando el material terrestre entre la superficie y el interior del planeta.



**FIGURA 1:** Sismicidad del globo terrestre representada por mecanismos focales de sismos importantes: periodo 1976-2005, catálogo CMT-NEIC. La distribución de la actividad sísmica marca los bordes de los casquetes semi-esféricos que constituyen las placas tectónicas (Ilustración del NEIC 2006, modificada)

El patrón tectónico global está íntimamente relacionado a la dinámica del interior de la Tierra y a sus propiedades físicas. El territorio peruano se encuentra en la zona de colisión de las placas tectónicas de Nazca y de Sudamérica, y la subsiguiente subducción de la placa Nazca. Es atravesado longitudinalmente

por la cordillera de los Andes en la parte continental y por la fosa marina en el territorio marino.

### 3. SISMICIDAD DEL PERU A TRAVES DEL TIEMPO

La previsión de desastres sísmicos conlleva el desarrollo de conocimiento sobre la ocurrencia de los sismos. Científicos peruanos desde el inicio del siglo pasado se preocuparon de documentar sismos sentidos en el territorio peruano, como T. Polo a través de los boletines de la Sociedad Geográfica de Lima de 1904, luego las publicaciones en las revistas de la Sociedad Geológica del Perú, permitió reunir información suficiente sobre la ocurrencia de sismos en el Perú, que hizo posible sustentar el pedido de Perú para que se cree el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), con sede en Lima-Perú, en la reunión de UNESCO en Chile presidida por el Dr. V. Belussov en 1960. La contribución más significativa que ha heredado Perú sobre la actividad sísmica es la documentación de la sismicidad histórica de los escritos de la conquista Española, el Virreynato y el periodo republicano, además de observaciones propias del doctor Enrique Silgado publicados en 1973 y 1979 (Silgado, 1979). Las descripciones de los efectos de los sismos en la naturaleza, edificaciones, personas, animales sirvieron para elaborar el catálogo sísmico de Intensidades Macrosísmicas de Perú (Ocola, 1984)

El primer catálogo sísmico instrumental, para el periodo: enero 1949-julio 1963, fue organizado por Ocola L. en su tesis de "Master of Science". Este catálogo permitió la elaboración del primer mapa de sismicidad del Perú (Ocola L, 1966) (Figura 2). El catálogo integró la información de fuentes internacionales, existente en la Biblioteca de la Universidad de Wisconsin (USA), publicaciones especializadas, etc. Se documentó por primera vez la existencia de dos zonas sismogénicas en el territorio peruano: la zona de subducción a lo largo de la costa, y la continental: a lo largo de la cordillera oriental-Zona Sub-Andina. Además, se identificó y documentó dos bloques sismotectónicos, uno en el sur de Perú y el otro en el centro y norte de Perú, los que modernamente se les denomina, bloques sismotectónicos de subducción normal, el del sur, y de subducción a normal el del norte de Perú.

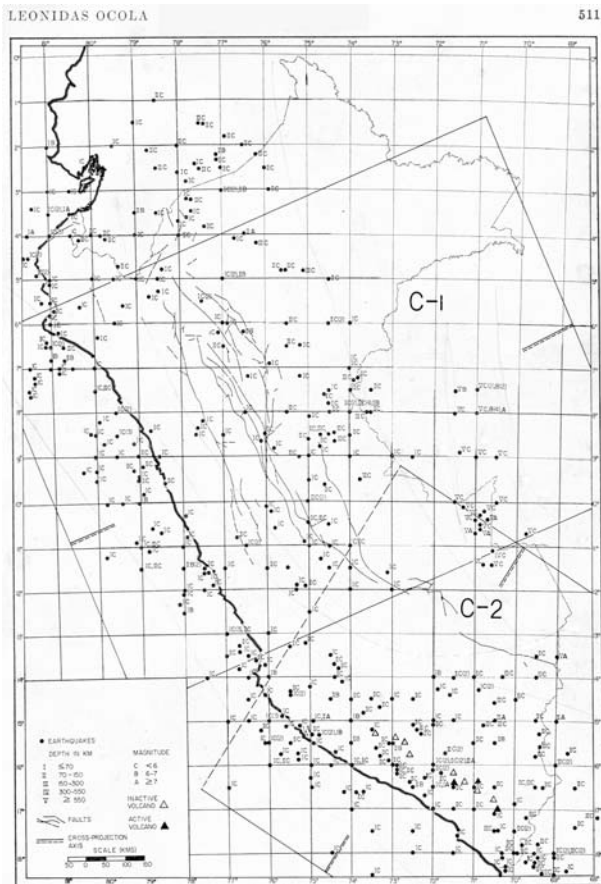
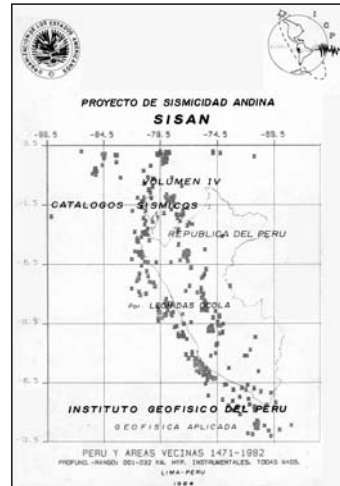


Fig. 1. Epicenter map for Peru: January 1949 to July 1963. Numbers in parentheses after magnitude groups represent the number of epicenters with the same magnitude and location. C-1 and C-2 stand for the seismotectonic blocks C-1 and C-2.

**FIGURA 2:** Primer mapa de sismicidad del Perú: Periodo 1949-1963. Epicentros clasificados por magnitud (letras) y profundidades (números romanos). Los rectángulos C-1 y C-2 delimitan los bloques sismotectónicos del centro-norte, y sur de Perú, respectivamente; corresponden a bloques sismotectónicos de subducción anormal el C-1 y a subducción normal el C-2.

Posteriormente, gracias a proyectos financiados por la Organización de los Estados Americanos (OEA), se ejecutó el primer estudio integral de sismicidad de las Repúblicas de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú: Proyecto SISEAN. Uno de los productos importantes fue la elaboración de los Catálogos Sísmicos de Hipocentros y Catálogos de Intensidades Macrosísmicas para cada una de las repúblicas participantes, Figura 3 (Ocola, 1984, 1984a, 1984b, 1984c). Los catálogos de los cuatro países mencionados, en su formato digital, fueron la base para la elaboración de los Catálogos Sísmicos para Sudamérica por CERESIS. Los catálogos de Intensidades Macrosísmicas fueron creación del Proyecto SISEAN.

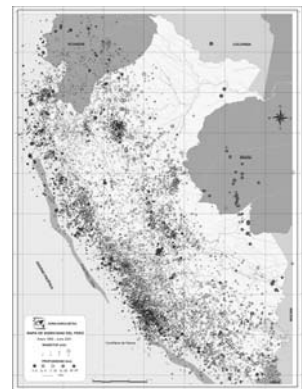


**Figura 3:** Catálogos sísmicos del Proyecto SISEAN para Perú. Volúmenes similares se elaboraron para Bolivia, Colombia y Ecuador. Cada volumen contiene hipocentros de fuentes internacionales y los determinados en base de información macrosísmica histórica. Los catálogos de Intensidades Macrosísmicas incluyen información de la referencia utilizada para evaluar la intensidad macrosísmica en la escala MSK.

Uno de los grandes beneficios de los catálogos sísmicos es que permiten elaborar mapas y documentar la distribución geográfica de la actividad sísmica en función del tiempo, la magnitud (tamaño del evento), y la profundidad. Este último parámetro es muy importante, porque la severidad de sacudimiento del suelo, i.e., su peligrosidad, a igual distancia de la zona epicentral, es función inversa de la profundidad de la fuente sísmica. Entre más profunda es la fuente sísmica, el sismo es menos peligroso.



**FIGURA 4:** Mapa de peligro sísmico del Perú. Aceleraciones máximas en  $\text{cm/s}^2$ , para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años, Ocola 2003, en INDECI, 2003.



**FIGURA 5:** Sismicidad del Perú, periodo: 1900-2001. Hipocentros clasificados en función de la magnitud y profundidad. En color rojo los sismos más superficiales y peligrosos, Ocola 2003.

En base de la información de los Catálogos Sísmicos se calculó y publicó en 1982 el primer mapa de peligro sísmico de Perú, en términos de intensidades Macrosísmicas, para fines de Defensa Civil, y el de aceleraciones sísmicas en 1997, para fines de ingeniería y planificación territorial (Ocola, 2003). Estos mapas constituyen los primeros documentos de previsión de los niveles de la severidad de sacudimiento del suelo por movimientos sísmicos para una probabilidad de excedencia

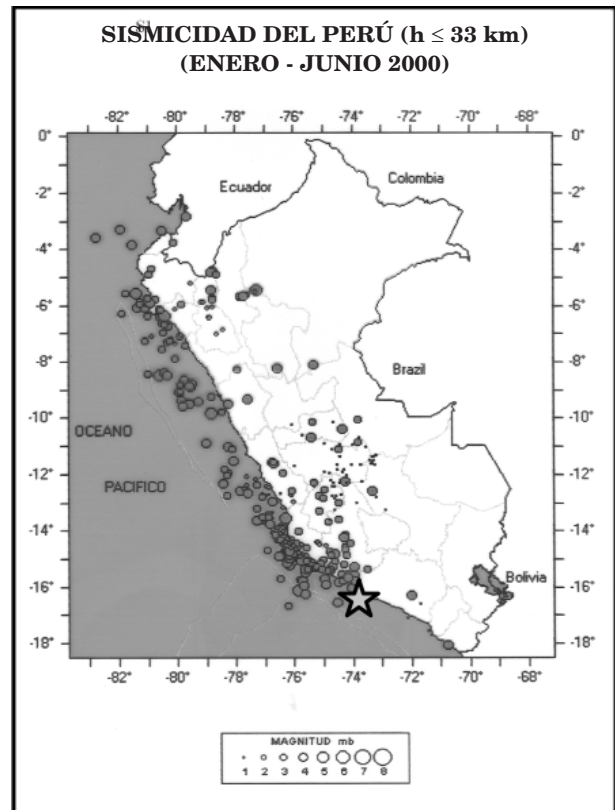


del 10% en 50 años (Figura 4). La aceleración sísmica máxima es información básica para los planificadores, ingenieros civiles estructurales, y para las autoridades de la gestión de riesgos-desastres. Si las autoridades hubiesen utilizado los niveles de aceleración sísmica del mapa de peligro sísmico, publicado en el Atlas de Peligros Naturales de INDECI (2003) para tomar las medidas de prevención, la magnitud del desastre del terremoto del 15 de agosto del 2007 hubiese sido mucho menor.

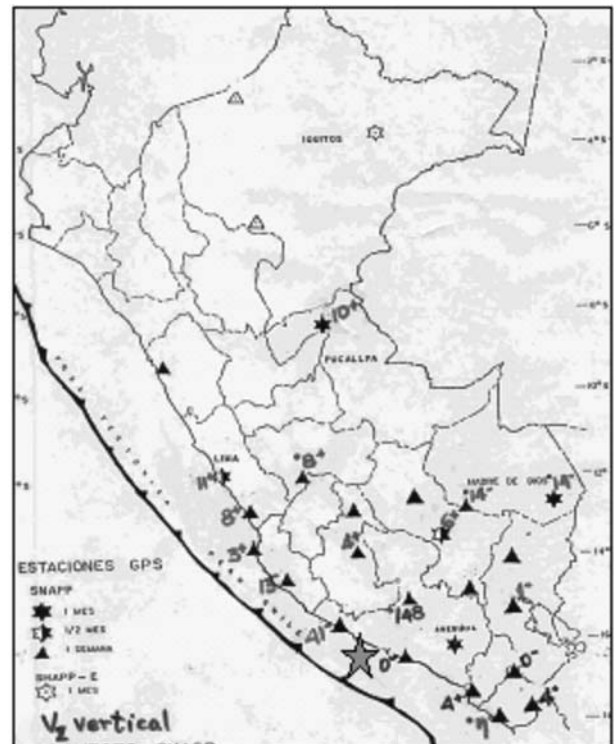
Con el incremento del número de las estaciones sísmicas y las estaciones acelerográficas en el territorio peruano, el nivel de detección y registro de los sismos ha mejorado. La actividad sísmica en el territorio peruano (tanto marino –hasta las 200 millas marinas– como continental) clasificada en función de la magnitud y la profundidad, para los años 1900-2000, se muestra en la Figura 5. El mapa de sismicidad más reciente es el publicado por el Instituto Geofísico del Perú para el período 1964-2008 (Tavera y Bernal, 2009)

#### 4. PREMONITORES DE TERREMOTOS EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN SUD-AMERICANA

Un premonitor sísmico causal es aquel evento o fenómeno natural que se interpreta como un indicador causalmente relacionado a la ocurrencia futura de un sismo de mayor magnitud. La identificación de premonitores significativos es una tarea de investigación actualmente. Históricamente, se ha utilizado los siguientes indicadores: anomalías en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas: compresionales y de corte, la ocurrencia de anomalías en la conductividad eléctrica, anomalías en el campo magnético, variación del campo eléctrico, anomalías en la actividad sísmica de eventos de pequeña magnitud, variación de los niveles del agua en pozos artesianos, variaciones del flujo de radón, anomalías en el desplazamiento-deformación-inclinación de la superficie terrestre, la presencia de gap-sísmicos, anomalías en el campo gravedad terrestre, etc. (Rikitake, 1975, Uyeda et al., 2004, entre otros). Un gap-sísmico es aquella región geográfica donde histórica o prehistóricamente han ocurrido sismos de gran magnitud y que las últimas decenas o centenas de años no han vuelto ocurrir. El más famoso, en Perú, fue el gap sísmico del sur de Perú, correspondiente al gran terremoto de 1868.



**FIGURA 6:** Sismicidad superficial de Perú enero-junio 2000, profundidades hipocentrales: < 33 km. Gap sísmico del terremoto de Arequipa, magnitud 8.4 Mw, del 23 de junio 2001. Un ejemplo. La estrella marca el epicentro (Ocola, 2001)

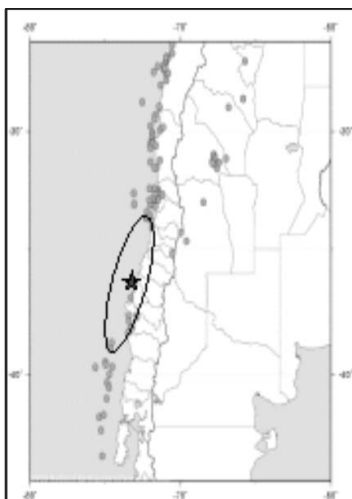


**FIGURA 7:** Anomalía GPS-componente-vertical negativa en la vecindad del gap sísmico del terremoto de 1868. La estrella marca el epicentro del terremoto del 23 de junio 2001. Datos del Proyecto SNAPP 1994-1996.

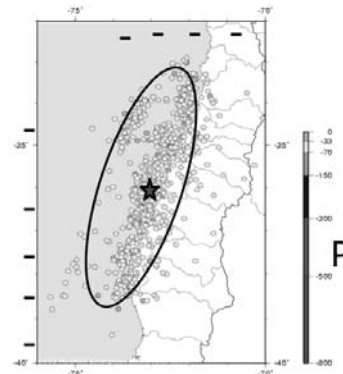
Debido a la heterogeneidad del manto superior y corteza terrestres, y a los diferentes procesos físicos que tienen lugar en el interior del planeta, los indicadores de la posibilidad de sismos futuros de gran magnitud no son los mismos para las diferentes zonas sismogénicas del globo terrestre. Para el caso peruano, Kanamori (1981) reportó gap-sísmicos para los terremotos de 1966, 1970, y 1974, Tavera y Bernal en 2005 reportaron el gap sísmico del terremoto de Pisco-Perú de 2007, y Ocola (2001) documentó el gap sísmico que precedió al terremoto del 2001 (Figura 6) y una anomalía negativa del cambio en la componente vertical GPS, entre los años 1994 - 1996 (Figura 7).

## 5. PREMONITORES DEL TERREMOTO DE CHILE

El patrón tectónico y sismogénico de las costas de Perú y Chile son similares. Después de la ocurrencia del terremoto de Chile del 27 de febrero del 2010, se investigó la sismicidad de la región siniestrada utilizando el catálogo sísmico del NEIC-USGS, para los sismos con profundidades menores a 33 km y magnitudes  $\geq 5.8$  Mw, en el periodo julio 31 de 1973 a febrero 27 de 2010. El resultado se presenta en la Figura 8. La identificación del gap-sísmico es clara. En la Figura 9, se muestra la distribución de las réplicas sísmicas con profundidades  $\leq 100$  km, para las primeras 64 h después de ocurrido el terremoto, localizadas por el NEIC-USGS.



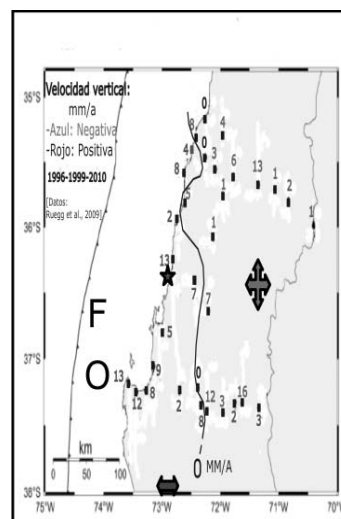
**FIGURA 8:** Sismicidad del sur-centro de Chile, julio 31 1973 - febrero 26 2010, profundidad de hipocentros: 00-33 km, magnitudes  $\geq 5.8$  Mw, Datos NEIC-USGS. La estrella, en el área del gap sísmico, marca el epicentro.



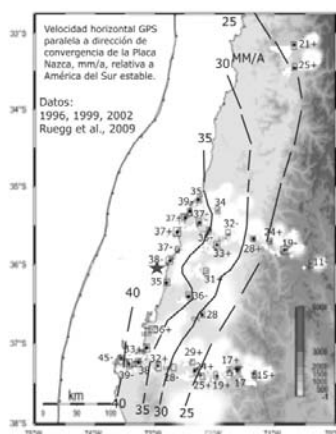
**FIGURA 9:** Réplicas del Terremoto de Chile del 27 de febrero del 2010, magnitud 8.8 Mw, y actividad sísmica en áreas vecinas: Primeras 65 h de ocurrido el terremoto. Profundidad de la actividad sísmica 00-100 km. La elipse enmarca la zona aproximada de ruptura del terremoto. Datos sísmicos del NEIC-USGS.

Gracias a la gentileza del Dr. W. Ruegg, se tuvo la oportunidad de utilizar los datos de GPS publicados por Ruegg et al. (2009) para visualizar, en base de contornos, la anomalía GPS y la vecindad de la zona de ruptura. Los resultados para las velocidades: componente vertical, se presentan en la Figura 10. La línea de contorno "0" marca la separación de las velocidades de desplazamiento vertical positivo y negativo. Al igual que en Perú, el epicentro del terremoto se localiza en la zona negativa. En la Figura 11, se presenta los contornos de los valores de las componentes de la velocidad de desplazamiento paralela a la velocidad de convergencia tectónica de la Placa Nazca. Los contornos de igual velocidad encierran la zona de la fuente sísmica, en su parte norte.

Es evidente la correlación entre el gap-sísmico, las anomalías de GPS y la zona de la fuente sísmica. Modernamente, se invierte numéricamente los datos GPS pre-terremoto para localizar las áreas de acoplamiento anómalo entre las placas involucradas en la zona de convergencia, identificando fuentes potenciales de futuros terremotos.



**FIGURA 10:** Velocidades verticales GPS (mm/a) en Sur-Centro de Chile. Las velocidades son negativas hacia la zona epicentral. La línea de "0" velocidad encierra el área de ruptura en su parte norte. Los valores de velocidad vertical aumentan al SW. La estrella indica la posición del epicentro. Datos de Ruegg et al., 2009.



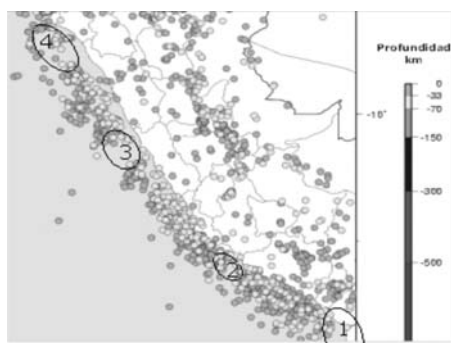
**FIGURA 11:** Velocidades horizontales GPS ( $\text{mm/a}$ ) paralelas a la dirección convergencia de la placa Nazca hacia Sudamérica en el Sur-Centro de Chile. Las velocidades aumentan hacia la zona epicentral y los contornos de igual velocidad tienden a cerrar la zona de ruptura en el extremo norte. La estrella indica la posición del epicentro. Datos de Ruegg et al., 2009.

La anomalía negativa de la componente vertical GPS, hacia la zona de la fuente sísmica, que se presentó en el terremoto de Arequipa-2001 y de Chile-2010, se ha observado en otros sismos, como el terremoto de Nankaido-Japón de 1946, magnitud 8.6 Mw (Kanamori, 1973). El desplazamiento vertical cosísmico, de este sismo, fue más de 3 m.

## 6. GAPS SÍSMICOS DE LA ZONA DE SUBDUCCIÓN PERUANA

En la Figura 12, se presenta la sismicidad de Perú para profundidades  $\leq 50$  km y magnitudes mayores a 4.5 Mw del catálogo del NEIC-USGS para el periodo 1973-2010. En dicha figura, se identifica por elipses los gaps-sísmicos a lo largo de la costa peruana, algunos de cuales fueron reportados en el 2008 (Ocola, 2008).

De sur a norte, se identifican los siguientes gaps sísmicos en la zona de subducción: 1. Arica (Chile) - Ilo, 2. Ocoña - Yauca, 3. Chancay - Huarney, y 4. Trujillo - Chiclayo. No se conoce cual es el estado de deformación en las zonas de estos gaps sísmicos y áreas vecinas. No hay datos de GPS publicados.



**FIGURA 12:** Actividad sísmica en los primeros 50 km de profundidad, magnitud:  $>4.5$  Mw, en el Perú. Gaps sísmicos identificados en la zona de subducción: (1) Arica (Chile)-Ilo, (2) Ocoña-Yauca, (3) Chancay-Huarney y (4) Trujillo-Chimbote. Datos del NEIC-USGS

## 7. CONCLUSIONES

De lo expuesto resumidamente sobre los avances de la previsión de desastres sísmicos en el territorio peruano, se concluye:

1. Perú cuenta con documentación de sismos históricos para casi 500 años, información instrumental para los últimos 50 años, estimación probabilística de aceleraciones sísmicas máximas con una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años, para todo el país. Esta información es indispensable para la planificación territorial y el diseño de edificaciones sismorresistentes y la implementación de medidas de prevención-mitigación de desastres por sismos.
2. Una prevención eficiente y efectiva de desastres, causados por fenómenos naturales o inducidos, requiere de una previsión oportuna y confiable de la peligrosidad de dichos fenómenos. La previsión debe basarse en la interpretación científica de documentación y observaciones apropiadas de indicadores premonitores de dichos fenómenos, y en la capacidad humana.
3. Entre los avances logrados en la previsión de desastres por sismos en Perú destacan la identificación de los siguientes indicadores de fenómenos premonitores: Los gaps sísmicos, las anomalías de deformación cortical (GPS: Componentes vertical, y horizontal, interferometría), el patrón tectónico; además de la documentación del numeral 1.
4. La observación, documentación, generación de conocimiento, previsión y prevención de desastres causados por fenómenos naturales o inducidos es tarea de todos: Los gobiernos (Nacional, Regional, Local), las universidades, y la sociedad en su conjunto.

## 8. AGRADECIMIENTOS

El suscrito agradece al Dr. W. Ruegg por autorizar la utilización de los datos publicados de GPS para la zona del terremoto de Chile de 2010. Así mismo, agradece a los directivos de la Academia Nacional de Ciencias por la publicación del presente documento, agradece a todos los miembros del Instituto Geofísico del Perú (IGP) que a través de los años colaboraron con el suscrito en la elaboración de los catálogos sísmicos, toma de datos de campo y la implementación de procedimientos



de observación y procesamiento de información geofísica. Particularmente, agradece al Ing. Alberto Giesecke por el apoyo a las iniciativas del personal que laboró en el IGP mientras él fue su director.

## 9. REFERENCIAS

- INDECI. 2003. Atlas de peligros naturales del Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil. Auspicio: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNDU, Lima, Perú.
- Kanamori H. 1973. Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan. *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, vol.1, p213.
- Kanamori H. 1981. The nature of seismicity patterns before large earthquakes prediction. In “ Maurice Ewing Series 4: Earthquake Prediction. An international review”. AGU Geophysical Monograph IV Series., pp1-19.
- Kanamori H. 1996. Initiation process of earthquakes and its implications for seismic hazard reduction strategy. *PNAS* 93(9), 3726-3731
- Ocola L. 1966. Earthquake Activiy of Peru. In *The Earth beneath the Continents. A Volume of Geophysical Studies in Honor of Merle A. Tuve*. American Geophysical Union. Geophysical Monograph 10. National Academy of Sciences – National Research Council Publication 1467.
- Ocola L. 1984. Catálogos Sísmicos: República del Perú. Volumen IV: Catálogo sísmico de hipocentros del Perú y áreas vecinas, 1471-1982; Catálogo de intensidades macrosísmicas de Perú 1471-1981. Proyecto SISISAN (OEA). Instituto Geofísico del Perú: Geofísica Aplicada, Lima, Perú, 466 pp.
- Ocola L. 1984a. Catálogos Sísmicos: República de Colombia. Volumen II: Catálogo sísmico de hipocentros de Colombia y áreas vecinas, 1534-1982; Catálogo de intensidades macrosísmicas de Colombia 1566-1977. Proyecto SISISAN (OEA). Instituto Geofísico del Perú: Geofísica Aplicada, Lima, Perú, 200 pp.
- Ocola L. 1984b. Catálogos Sísmicos: República del Ecuador. Volumen III: Catálogo sísmico de hipocentros de Ecuador y áreas vecinas, 1534-1982; Catálogo de intensidades macrosísmicas de Ecuador 1541-1976. Proyecto SISISAN (OEA). Instituto Geofísico del Perú: Geofísica Aplicada, Lima, Perú, 152 pp.
- Ocola L. 1984c. Catálogos Sísmicos: República de Bolivia. Volumen I: Catálogo sísmico de hipocentros de Bolivia y áreas vecinas, 1471-1982; Catálogo de intensidades macrosísmicas de Bolivia, 1650-1976. Proyecto SISISAN (OEA). Instituto Geofísico del Perú: Geofísica Aplicada, Lima, Perú, 185 pp.
- Ocola L. 2001. Precursory hints of June 23-2001 earthquake in southern Perú seismic gap. *American Geophysical Union Fall Meeting, Proceedings*. San Francisco, California, USA.
- Ocola L. 2003. Mapa Preliminar de Peligro Sísmico: Aceleraciones Sísmicas. En: *Atlas de Peligros Naturales del Perú*. Auspicio: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). INDECI. Pp166-167.
- Ocola L. 2008. El gap-sísmico de Trujillo-Chiclayo y los sismos notables en la zona de subducción del Noroeste de Perú. XIII Congreso Latinoamericano de Geología y XIV Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú.
- Rikitake S. 1975. Earthquake Precursors. *Bull. Seism. Soc. Ame.*, Vo. 65, Nº 5. pp1133-1162.
- Ruegg J. C., Rudloff A., C. Vigny, R. Madariaga, J.B. de Chaballier, J. Campos, E. Kausel, S. Barrientos, D. Dimitrov. 2009. Interseismic strain accumulation measured by GPS in the seismic gap between Constitución and Concepción in Chile. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 175, pp78-85.
- Silgado E. 1979. Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). Boletín Nº 3, Serie C. Geodinámica e Ingeniería Geológica, Instituto de Geología y Minería, Sector Minas, República del Perú.
- Stacey F.D. 1992. *Physics of the earth*. Brookfield Press, pp550.
- Tavera H. y I. Bernal. 2009. Mapa sísmico del Perú. Periodo: 1964-2008. Instituto Geofísico del Perú, Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.
- Uyeda S., Nagao T. And Tanaka H. 2004. A report from the RIKEN International Frontier Research Project on Earthquakes (IFREQ), TAO, Vol. 15, Nº 3, pp269-310

**ACADEMICOS TITULARES INCORPORADOS EN EL SEGUNDO SEMESTRE 2010****LEONIDAS OCOLA AQUISE**

Nació en Quequeña, Arequipa, estudió geología en la U.N. de San Agustín. Estudios de post-grado en EE.UU. becado por la OEA, Institución Carnegie de Washington y la U. de Wisconsin-Madison; con el apoyo del Instituto Geofísico del Perú (IGP). MSc y Ph.D. en Geofísica.

Investigador y Director Científico y Técnico del IGP (1957-2009), Profesor Visitante en la Universidad de Wisconsin-Madison EE.UU (1992-1993).

De 1958 a 1963, realizó observaciones gravimétricas en el territorio peruano. De 1979 a 1997, miembro del grupo ad-hoc para considerar medidas para detectar e identificar eventos sísmicos, que culminó con el Tratado de prohibición de ensayos nucleares en el mundo.

De 1971 a 2009, contribuyó al desarrollo institucional del IGP, a la documentación e investigación sobre la sismicidad y peligro sísmico en el Perú, elaboró y publicó el mapa de peligro sísmico de Perú. En 1994, inició el programa de observaciones GPS en el país, con financiamiento y apoyo técnico-científico de EE.UU, para documentar la dinámica de las placas tectónicas: Nazca y Sudamérica.

Profesor Principal en la UNMSM de 1983 a la fecha, desde 2009 es Jefe del Laboratorio de Física de Eventos Naturales de la Facultad de Ciencias Físicas y está en proceso de formar grupos de investigación científica de la física de fenómenos naturales y su modelado numérico, con fines de previsión y prevención de desastres.

Su producción científica incluye la elaboración de los primeros catálogos sísmicos instrumentales y macrosísmicos para Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú.

Su ceremonia tuvo lugar el 07 de Octubre la presentación estuvo a cargo del académico titular Dr. Jorge Heraud. Se publica su discurso de incorporación.

**PABLO LAGOS ENRIQUEZ**

Nació en Huancayo, Perú; estudió física y matemática en la UNMSM. MSc. y Ph.D. por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), becado por la NASA, la OEA y el MIT. Estudios post-doctorales en el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR), EE.UU. Sus trabajos de investigación fueron sobre los procesos físicos de la termósfera. Realizó estudios de especialización en Italia y Francia.

Consultor en fenómenos climáticos y estrategias de adaptación al cambio climático; Asesor Científico de la Presidencia Ejecutiva, Instituto Geofísico del Perú (IGP), Profesor Principal en la Facultad de Ciencias Físicas de la UNMSM.

Investigador y Director Científico del IGP (1965-2009), Coordinador Internacional y Vocal del Comité del área Desarrollo Sostenible, Cambio Climático y Biodiversidad del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo - CYTED, España (2003-2009). Miembro fundador del Instituto Internacional de Investigación para la Predicción del Clima y Sociedad (IRI), EE.UU. y del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) (1990-1993), Brasil.

Científico visitante e Investigador Senior Asociado, U. de Miami (1985-1990), Científico Visitante, U. de Washington (1986), U. Estatal de Florida (1980), Co-Investigador Científico del Programa "Experimento Troposférico Global" (GTE), NASA (1986-1988). Vice-presidente del Grupo Mixto Comisión Oceanográfica Intergubernamental /Organización Meteorológica Mundial para el estudio del fenómeno El Niño (1983-1985).

La ceremonia se realizó el 11 de Noviembre; fue presentado por el académico de número Dr. Jorge Chau;. Su discurso de incorporación fue sobre "El cambio climático y la gestión del agua en la región central de los Andes".



Trabajo presentado en el Seminario Taller

**“Los Bosques y el Mundo en que vivimos”**

## **LOS BOSQUES Y LOS ECOSISTEMAS ANDINOS EN EL PERÚ**

*Exposición presentada por el académico titular Ing. Pablo Sánchez Zevallos en el Seminario Taller “Los bosques y el mundo en que vivimos”, organizado por la ANC; Lima, 19 de mayo del 2009*

*El Ing. Pablo Sánchez Zevallos falleció en diciembre del 2010 en Lima.*

### **INTRODUCCIÓN**

El Perú es el segundo país en América Latina, con los mayores bosques naturales después del Brasil, sin embargo no cubre sus necesidades de madera y de productos forestales debido a que estos bosques están ubicados en el otro lado de la cordillera, y su transporte a la costa y a la sierra son muy largos, difíciles y caros porque no existen las redes viales adecuadas que permitan traerlo desde la selva hasta los centros de consumo.

En el mundo y en el Perú, que es un país en desarrollo se incrementa cada vez la demanda de madera y de los subproductos del bosque, siendo uno de los pocos productos que si bien es cierto no se incrementa el precio en forma acelerada como ocurre en otros insumos, su demanda es permanente y su precio sostenido.

### **PROYECTO FORESTAL**

Esta realidad debería de obligarnos a un agresivo proyecto de forestación en la sierra, principalmente en las cuencas occidentales de la Cordillera de los Andes donde existen espacios ecológicos con ecosistemas forestales competitivos que podrían proporcionar la madera necesaria para apoyar el desarrollo de la costa y de la sierra, y en todo caso mejorando las carreteras de penetración a la selva, posibilitar el aprovechamiento combinado de valiosas especies forestales de la selva con las especies industriales que se establecerán en la sierra; y a las más de 66 millones de hectáreas de bosques naturales en la selva, podríamos agregar 20 millones de hectáreas de bosques cultivados en la sierra peruana, de los cuales por lo menos el 50% podrían ser bosques industriales y el otro 50% bosques de protección del suelo, con fines de captura de carbono y pago por servicios ambientales.

### **LOS GRANDES ECOSISTEMAS DE LA SIERRA PERUANA**

En el Perú se pueden distinguir fácilmente hasta cuatro ecosistemas con características climáticas distintas, en donde se pueden establecer con ciertas restricciones, plantaciones forestales dentro de un sistema integrado y de protección, que aseguraría el control de la erosión y la gestión adecuada de un país de montaña como es el Perú, en el cual los recursos más importantes son el agua, la captación de energía luminosa y la conservación de la fertilidad de los suelos que en los últimos años han sufrido el mayor proceso de desertificación y arrastre del poco suelo que cubren estos enormes espacios que ahora se muestran casi desnudos.

Los cuatro grandes ecosistemas son los siguientes:

1. **Los Andes bajos y verdes de la Sierra Norte**, que corren desde los límites entre Ancash y La Libertad en el Nevado de Pelagatos hacia el Ecuador. Allí la precipitación pluvial es superior a 650 milímetros por año en la zona quechua, pudiendo llegar a 1,200 en la jalca y hasta 1,500 en las zonas de mayor altura.

Esta es el área con mayor potencial forestal, en donde existen alrededor de 8'000,000 de hectáreas propicias para establecer bosques cultivados para usos industriales, con especies maderables como: pino, ciprés, eucalipto y aliso; así como bosques de protección o ecológicos, con diversas especies nativas y exóticas.

En ambos casos, las plantaciones pueden retener agua y capturar dióxido de carbono,

servicios ambientales por los que ahora se puede cobrar en virtud del Protocolo de Kyoto. En esta zona, actualmente, tenemos más de 50,000 hectáreas de bosques de pinos, eucaliptos y cipreses, mayormente en la región sur del departamento de Cajamarca.

## 2. **El Ecosistema de Glaciares y Nevados o “Sierra Blanca o Sierra Nevada”,**

que corre desde Ancash (nevado Pelagatos) hacia el sur, hasta el Cusco y parte de Puno. En esta zona son abundantes las cadenas nevadas de la cordillera blanca y los nevados de la sierra centro y sur del Perú, donde las alturas pasan los 5,000 metros y sobrepasan los 6,000 metros, como es el caso del Huascarán, el clima es más frío y más seco, características de la puna peruana. El clima es más frío y seco y las precipitaciones son menores que en la sierra norte y el recurso agua generalmente proviene de las cordilleras nevadas.

En este ecosistema también existe un potencial forestal que puede llegar a 4'000,000 de hectáreas debajo de los 3,800 metros, de las cuales 2'000,000 de hectáreas puede ser de bosques de producción y el otros 2'000,000 para bosques de protección o de captura de carbono.

## 3. **El Ecosistema de Cañones profundos o “Sierra quebrada”**

de la cuenca del río Apurímac y los cañones del Colca y Cotahuasi en Arequipa, si bien esta zona de geografía muy quebrada y agreste también tiene un potencial forestal que mejoraría enormemente sus ecosistemas, y si bien es cierto se dificultaría un tanto la extracción forestal, se mejoraría la producción del ecosistema, el turismo y la captación de agua.

## 4. **Las Altiplanicies de Puno y las provincias altas de Cuzco,**

que si bien no poseen las mejores condiciones climáticas para la forestación, sí tienen cuencas que descenden hacia el oriente y el occidente, donde es posible plantar árboles masivamente, como se demostró en el Proyecto Árbol Andino desarrollado por la FAO.

## **LOS ECOSISTEMAS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS Y LA APLICACIÓN DEL SISTEMA SILVOAGROPECUARIO PARA EL DESARROLLO DE LAS MONTAÑAS ANDINAS**

### **El Ecosistema Cuenca Hidrográfica:**

Se entiende por “cuenca hidrográfica” la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada «divisoria de aguas».

Actualmente la cuenca hidrográfica también se refiere a un ecosistema geográfico, que permite la planificación racional del uso de los recursos naturales existentes en dicho espacio.

Debemos indicar sin embargo, que las cuencas como espacio geográfico no sólo son captadoras de agua sino también captadoras de energía especialmente solar, y generadoras de suelo fértil que hace posible el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales, animales y especialmente la sociedad humana.

En el ecosistema cuenca podemos distinguir varios espacios zonales, tales como:

- A. Espacio** agrario formado por la actividad agrícola, ganadera y forestal.
- B. Espacio hídrico** formado por ríos, lagos, lagunas, manantiales y humedales.
- C. Espacio lítico** formado por roquedales o áreas pétreas, suelos compactados y desnudos o gravemente erosionados, y áreas de explotación minera abandonadas o en proceso de restauración (pasivos mineros).
- D. Áreas de protección** que corresponden a bosques naturales, santuarios históricos y ecológicos.

Es conveniente que la ciudadanía tome conciencia que el desarrollo de un ecosistema de montaña no puede basarse en el desarrollo agrícola y ganadero, porque la erosión que genera la agricultura y el pastoreo de montaña, es la más peligrosa de las actividades que destruirá la montaña y privará de cobertura vegetal y de suelos dichas montañas.

### **Enfoque de Sistemas:**

Antes de tratar el **sistema silvoagropecuario**, veremos ligeramente el concepto de enfoque

de sistemas. El mundo y la vida se desarrollan gracias a sus sistemas integrados, que hacen posible sus procesos de vida.

Un sistema es un **conjunto funcional productivo**, cuyas relaciones internas y externas se dan dentro de un contexto ecológico ambiental, social, energético o económico que actúan permanentemente en forma ordenada.

Este concepto se basa en la concepción de la materia en la física moderna.

El planteamiento de este paradigma reside en que los sistemas no son estructuras mecánicas compuestas de objetos separados, sino que actúan en un **complejo de relaciones integradas** en donde prima el principio de organización.

#### **Sistema Silvoagropecuario:**

Está ubicado dentro del sistema agrario que comprende la actividad silvícola o forestal, agraria y pecuaria.

Un **espacio agrario sostenible** basará su sostenibilidad o sustentabilidad en el equilibrio que debe haber entre la actividad silvícola o forestal que es la que mejor protege la montaña, la actividad ganadera o de pastoreo que aprovechará mejor las praderas naturales o artificiales, y la actividad agrícola que deberá limitarse sólo a los espacios de mayor sostenibilidad ecológica y económica.

Recordemos que si esta actividad no se desarrolla con adecuadas prácticas de conservación de suelos y aguas, terminará con los escasos suelos de las montañas andinas, destruyendo la cobertura vegetal y el ciclo hídrico.

Este equilibrio aún en los mejores suelos, deberán estar dedicados en partes equitativas a tres actividades por las siguientes razones:

- A. Los bosques son los ecosistemas que mejor forman suelos así como retienen y captan mejor el agua, la energía solar y el anhídrido carbónico.
- B. La pradera por su carácter permanente o semipermanente cubre el suelo con mayor persistencia, protegiéndolo si no hay sobrepastoreo, y puede permitir formación de suelo, captación de agua y generar forraje para el desarrollo ganadero o pecuario en

general; sin embargo, no es tan eficiente como el sistema forestal.

- C. La actividad agrícola como podemos constatar, es la consecuencia de la destrucción de bosques o praderas y por lo tanto se trata de una actividad extractiva del suelo, y por ende en un sistema sustentable deberá estar auxiliado permanentemente por los desechos animales especialmente el estiércol, o en rotación con los bosques y las praderas mismas, debiendo mantenerse dicho equilibrio.

Indudablemente que las condiciones excepcionales de ciertos ecosistemas más llanos, mejores climas, con mayor pendiente o montañosos, pueden hacer que las proporciones de estas tres actividades varíen, así en el caso de la montaña andina sea esta la zona quechua, la jalca o puna.

Nuestros trabajos de varios años demuestran que la mejor proporción sería que el área de una cuenca en la montaña andina, deberá ser ocupada en 60% por plantaciones forestales de producción y de protección, 30% cubiertas de praderas naturales o cultivadas y sólo el 10% de estas áreas dedicadas a la actividad agrícola productiva, donde las condiciones del suelo, clima y conectividad especialmente vial, permitan la mayor competitividad productiva.

En las áreas más planas sobre todo en las altiplanicies podría ser la más adecuada, la actividad pecuario-silvícola-agrícola, sobre todo si las condiciones del suelo y el clima aseguran una alta productividad forrajera, y en este caso la proporción sería 60% actividad pecuaria, 30% actividad forestal y 10% actividad agrícola.

En cambio si se trata de áreas planas de buen clima agrícola, disponibilidad de agua y buena conectividad, que son escasas en la montaña andina, podría tratarse de un ecosistema agro-silvopecuario; pues la proporción podría ser de 40% a 60% de área agrícola, de 30% a 20% área pecuaria y de 30% a 20% de área forestal.

Recordemos que una actividad agrícola orgánica o ecológica no se desarrollará si no se dispone de estiércol que es lo que mejor asegura la sustentabilidad de la mejor actividad agrícola en el mundo, o de otro lado, como hemos indicado, la sustentabilidad se podrá dar en rotación de la agricultura con las áreas de bosques que pueden ser cortados cuando hayan generado el

suelo sustentable adecuado, pero luego de haber pasado por la actividad pecuaria y en turnos de rotación de 10 a 20 años.

***Sostenemos que la actividad agraria sólo podrá ser sustentable con una relación como los componentes de una campanilla, donde la campana corresponde a la forestación, el badajo a la actividad pecuaria y la cadena que une la campana con el badajo corresponde a la agricultura, y para que esta campanilla trine necesita de los tres elementos en acción.***

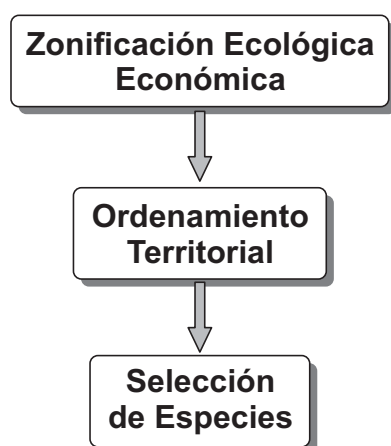
Consideramos que esta es la visión que deberá tener un agricultor de la montaña andina.

#### **Sostenibilidad:**

La sostenibilidad o sustentabilidad tiene tres componentes básicos que son: La equidad, la solidaridad y la competitividad.

#### **ZONIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO FORESTAL**

La zonificación es fundamental para determinar ¿qué forestar?, para obtener los productos requeridos.



Estos diferentes planos del conocimiento serán muy tomados en cuenta para elaborar la Zonificación Ecológica Económica de las microcuencas.

#### **ZONIFICACIÓN FORESTAL**

No en toda la zona se establecen el mismo tipo de plantación forestal. Cada tipo de árbol tiene su sitio, de allí que se habla de la calidad del sitio forestal para cada especie de acuerdo a las condiciones de altura, climáticas, precipitación, geología y suelos.

#### **TECNOLOGÍA FORESTAL**

La tecnología forestal se puede medir en rendimiento; así por ejemplo, la producción de plantas en los viveros de Porcón y Cajamarca:

Un obrero gana 550.00 Nuevos Soles mensuales, que equivale a 18.33 Nuevos Soles diarios; valores son dados en promedio. Indicaremos que se plantan 1100 plantas por hectárea, en hoyos de 35 de diámetro por 35 de profundidad, en suelos de mediana a buena calidad de sitio, con un preñamiento de 25%.

IMA (Incremento medio anual) caso Género pinus, en las plantaciones de Porcón:

Promedio Nacional	Promedio ADEFOR	Promedio Chile
8 m <sup>3</sup> /año/ha	18 a 25 m <sup>3</sup> /año/ha	35 m <sup>3</sup> /año/ha

El avance de Chile se debe al mejoramiento genético y mejora en las prácticas culturales, que estamos trabajando y esperamos pronto superar nuestros rendimientos.

La producción en promedio en la zona es de 300 m<sup>3</sup> por hectárea o elevarse de 500 a 550 m<sup>3</sup> de madera de pino en tala final, pudiendo mejorarse de acuerdo a la calidad de sitio.

Siendo el precio en Cajamarca de US\$ 18.00 el m<sup>3</sup> de madera, calculamos que la plantación si es de regular a buena, puede alcanzar de US\$ 8,000 a US\$ 10,000 de madera, al final de la plantación.

#### **LA ESTRATEGIA DEL PONCHO VERDE EN CAJAMARCA:**

Fue propuesta hace 40 años y consiste en cubrir las erosionadas laderas de la región con una cobertura vegetal permanente de bosques industriales y de conservación, de praderas o pastizales naturales y cultivados, y de cultivos sólo en las áreas donde existan las condiciones adecuadas de clima, agua y acceso vial, y con adecuadas prácticas de conservación de suelos y aguas (andenerías).

Estos cultivos deberán establecerse en franjas transversales a la pendiente de las laderas y a lo largo de las mismas.

**Modelo Silvoagropecuario**

La estrategia tiene dos mensajes fundamentales para conseguir el desarrollo humano sostenible, equitativo y solidario de la sociedad cajamarquina.

***“Cubramos de Bosques y Praderas los Andes, hasta hacer posible y agradable la Vida del Hombre”***

Este mensaje se complementa con otro que dice:

***“Cosechemos el Agua de Lluvia y Transformemos Gotas de Agua en Granos de Comida”***

**DIVERSIFICACIÓN FORESTAL****Fines Maderables:**

- Pinos (diversas especies)
- Eucaliptos
- Alisos
- Cipreses
- Nogales
- Chinchona
- Molle
- Chachacomo
- Pujín
- Alisillo
- Otras especies nativas de interés maderable, como: pauco, chichir, etc.

**Fines Forestales de doble propósito:**

- Tara
- Capulí
- Sauco
- Lúcumá
- Chirimoya
- Lanche
- Guaba
- Laurel de cera
- Guayaba
- Pajuro
- Guanábana
- Piquil
- Sauce
- Nogal
- Otros frutales

**Fines de Protección y captura de carbono:**

- Quinual
- Quishuar
- Taya
- Pauco
- Sauce

- Otras especies nativas con fines de protección (shita y suro)

**En la Granja Porcón, la teoría forestal se hace realidad:**

En Cajamarca existió la Hacienda Porcón, propiedad de la Sociedad de Beneficencia del lugar, cuyos habitantes sufrieron un cambio muy importante a mediados de los años cincuenta, cuando un grupo de “licenciados del ejército” retornó a la Hacienda convertidos a la religión evangélica e hizo la extraordinaria labor de volver abstemios a sus padres y hermanos, que antes se caracterizaron por su espíritu belicoso, consecuencia de la ingesta excesiva de alcohol. En esos años el SIPA de Ministerio de Agricultura desarrolló importante labor de extensión agropecuaria en la propia Hacienda donde trabajaron ingenieros agrónomos y médicos veterinarios.

Finalmente, la reforma agraria del gobierno militar asignó a la comunidad de Porcón las tierras de la antigua Hacienda, facilitando así el trabajo de los comuneros en una forma admirable y que constituye un ejemplo en el país.

La pujante comunidad de Granja Porcón ha desarrollado un proyecto de reforestación de 8,000 hectáreas dentro del Sistema Silvoagropecuario de las 12,000 hectáreas que dispone.

En la Granja Porcón podrá disfrutar de ecoturismo y de las extensas áreas convertidas en bosques de pinos.

**La Granja Porcón la podríamos asumir como un ejemplo del desarrollo forestal para los Andes del Norte Peruano.**

**Actividades Agrícolas**

La Granja Porcón también desarrolla una agricultura intensiva, con esa finalidad han construido extensas terrazas de formación lenta con talud de champa, estabilizadas con plantaciones densas de *Polylepis* sp en curvas de nivel. Los principales cultivos son la papa para semilla, la cebada y la avena. Con apoyo del Centro Internacional de la Papa - CIP, han logrado obtener las variedades de papa: “Belén” y “Jerusalén” que alcanzan rendimientos de hasta 30 toneladas por hectárea.

**Actividades Pecuarias**

La comunidad también se dedica a la crianza intensiva de ganado lechero, en las praderas mejoradas cuenta con las razas Brown swiss,



Holstein y la raza Jersey. Esta última está generando beneficios muy alentadores por la calidad de leche que produce, en términos comparativos podemos decir que para producir un kilogramo de queso se requiere 10 litros de leche de Brown swiss, ó 13 de Holstein, o solo 5 de Jersey, a esto se suma su rusticidad en los aspectos de adaptación, alimentación y sanidad.

### **Actividades Piscícolas**

Con apoyo de la Empresa Minera Yanacocha se ha instalado una moderna planta para la producción de truchas, desde la fertilización de las ovas hasta la etapa de comercialización, siendo esta una experiencia importante de resaltar.

### **Actividades de Agroecoturismo**

La modalidad de turismo que promueve la comunidad es el denominado agroecoturismo o turismo vivencial, que busca enlazar a los visitantes con las actividades agrarias cotidianas de la población, ya sea en el ordeño y alimentación de ganado vacuno, actividades relativos a los cultivos de acuerdo con el calendario agrícola y actividades forestales. Una de las ventajas con que cuentan, es la amplia promoción y difusión de sus atractivos turísticos en el mercado nacional e internacional. En Cajamarca todas las agencias de viajes incluyen una visita a Porcón, a 48 km de la ciudad.

Recientemente han instalado un pequeño zoológico donde se pueden apreciar ejemplares de fauna silvestre, algunos proceden de los decomisos y son puestos en custodia por el INRENA.



*Ing. Pablo Sánchez Zevallos presentando su exposición sobre “Los Bosques y los Ecosistemas Andinos en el Perú” durante el Seminario-Taller “Los Bosques y el Mundo en que vivimos” organizado por la Academia Nacional de Ciencias en mayo del 2009.*

**CLÁSICOS PERUANOS**

**LA GEOLOGÍA EN EL MUNDO Y EN EL PERÚ  
A TRAVÉS DE LA HISTORIA**

**DISCURSO DE ORDEN DEL ING. JORGE A. BROGGI  
EN LA CEREMONIA DE APERTURA DEL AÑO ACADÉMICO  
DE LA ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS EXACTAS,  
FÍSICAS Y NATURALES EN LIMA, 1940**

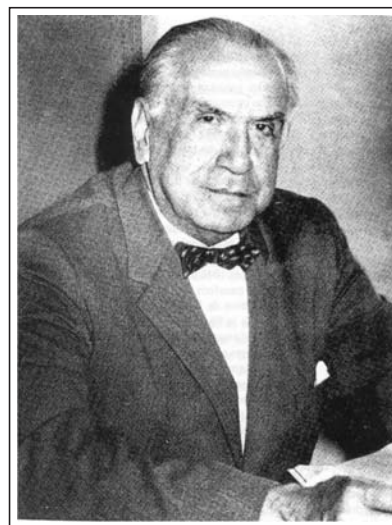
*(Publicado en Actas de la Academia, 1940).*

Don Jorge A. Broggi, Secretario Fundador y espíritu animador de la Sociedad Geológica del Perú durante sus etapas iniciales, fue uno de los científicos peruanos más eminentes y notables del siglo que termina. Su nombre estuvo unido al de la Geología Peruana.

Nació en Lima el 5 de Noviembre de 1888, hijo del ciudadano suizo Jorge Broggi Marchi y de la dama peruana doña Eloysa Morel y Salamanca.

En 1910, a los 22 años de edad, recibe el título de Ingeniero de Minas, dando inicio a una extraordinaria andadura profesional que desenvuelve por más de 50 años. Decía él, "escogí para profesión las cumbres de los Andes".

Pero es en su faceta de mentor y promotor de la investigación donde Broggi destaca nítidamente. En 1944 promueve la creación del Instituto Geológico del Perú, cuyas funciones eran: (a) el levantamiento de la Carta Geológica Nacional, (b) el inventario de las riquezas del suelo y subsuelo del Perú, (c) la formación y capacitación de geólogos, y (d) la labor de cooperación: geológica y geofísica con las entidades internacionales. Fue evidentemente el antecesor de los actuales INGEMMET y el Instituto Geofísico del Perú.



**JORGE A. BROGGI**  
**1888-1966**

(Extraído de: Víctor Benavides Cáceres, Vol. Jubilar  
Nº5, Sociedad Geológica del Perú, julio 1999)

Debe ser mi primera palabra de gratitud al eminente matemático Dr. Godofredo García presidente de esta Academia Nacional de Ciencias, por haberme designado para dirigiros la palabra con motivo de la apertura del segundo año de sus elevadas actividades.

He vacilado entre elegir, para esta solemnidad, un tema de especialización novedoso u otro de orientación cultural, y me he decidido por el segundo, porque tiene más cabida ante un auditorio policientista. Pero como tampoco puedo apartarme de aquella rama fundamental del saber, a la que he dedicado y dedico las mejores horas de mi modesta vida, os voy a decir algo de la Geología en relación con el progreso humano y con el adelanto de nuestra patria.

**La Geología en sus comienzos.**- El origen de la Geología se remonta más allá que el de las otras ciencias en el interminable camino del pasado. Sus primeros conocimientos se

pierden en la penumbra de los orígenes de la vida, cuando un animal o un vegetal en forma tal vez inconsciente, condenados a ambular sobre la hidrósfera o la litosfera, encuentran mejor defensa en aprovechar las particularidades fisicoquímicas del medio en que tienen que luchar y supervivir: la Tierra.

Con el advenimiento del primer hombre coincide el del primer geólogo. ¿Por qué se le denomina, habitante de las cavernas más tarde de la edad de piedra, de cobre, de bronce, y hierro. Pues sencillamente, porque geólogo intuitivo, supo reconocer las formas fisiográficas del medio terrestre en que vivió y porque supo distinguir los diversos tipos de piedras o rocas, sus propiedades y sus yacimientos.

La civilización se inicia seguramente cuando el hombre salvaje, el Pithecanthropus, descubre la primera herramienta y logra el primer fuego

artificial. Sabido es, que la especie mineral conocida con el nombre de Sílex, desempeña un papel único en esta etapa de su primitiva cultura. Hay muchas especies de Cuarzo pero solamente la Sílex se ofrece con las propiedades de producir chispa y de labrarse en forma cortante. Tampoco es muy abundante, de modo que el hombre, la busca en determinados terrenos y desde luego los sabe diferenciar de otros muy parecidos. Vienen después las edades de los metales, en que su mayor sentido geológico lo lleva a descubrir minerales cada vez más complejos y usar ya las primeras nociones de la física y la química pero siempre como resultado de observaciones geológicas previas.

Pero la verdadera ciencia se inicia con la escritura, es decir cuando el hombre puede expresar en forma indeleble su pensamiento, y es ya de estos tiempos menos remotos, de los que podemos decir algo más concreto.

Pocos como A. de Lapparent, han trazado un cuadro más exacto del nacimiento de una ciencia y en particular de la Geología. Es primero un arte, un conjunto de prácticas y preceptos desafines que se confunden con el Laboreo de Minas, y que responden a las crecientes necesidades del hombre. Vienen después los filósofos o investigadores de las causas de los fenómenos, que poseedores de la escritura y de la enseñanza, hacen escuela. Se suceden pues los ordenamientos de hechos e interpretaciones contradictorias y deficientes, generalizaciones acertadas o equívocas, aplicación de nuevas ramas del saber y por fin la constitución de una ciencia, o sea de un edificio de hechos reunidos o agrupados por un genio ordenador, cementados por la argamaza de la reflexión y la teoría.

Entre los filósofos fundadores de la Geología, los diversos autores están de acuerdo en reconocer a Tales de Mileto (636-540 A.J.), como el primero en tocar un tema netamente geológico, al suponer, ante la observación de los depósitos aluviales de la boca de los ríos, que las aguas podían transformarse en tierras. Siguen después como diez maestros de la gran Grecia: unos que atribuyen los cambios de tierra y mar a las aguas, los neptunistas de la escuela de Tales, y otros, los plutonistas, que los atribuyen a energías volcánicas o del fuego interno, doctrina cuyo fundador Empédocles de Agrigento (444 A. J.) encuentra la muerte al arrojarle en el cráter del Etna.

Pero muchos miles de años antes, los grandes monumentos de la China, de la India, Babilonia, Egipto y la misma Grecia, revelaban el adelanto que el hombre había adquirido en el conocimiento de las piedras ornamentales, el metal, las tierras de cerámica y las piedras preciosas. Tal vez pues algún día se encuentre una literatura más antigua, que delate, aunque solo sea en forma descriptiva, los conocimientos mineralógicos y petrológicos de aquellas antiguas culturas.

Las primeras referencias sobre la existencia de restos fósiles, se atribuyen a Xenóphanes de Colophon, fundador de la escuela Eleática de filosofía, que floreció en Grecia 540 años antes de Jesucristo. Las iniciales enunciaciones de la evolución natural de los seres, se pueden encontrar en Anaximandro de Mileto (515-547 A.J.); quien, según Cuvier, sostuvo que el hombre descendía de los pescados. Al gran Aristóteles de Estagira (384-322 A.J.), se deben las primeras descripciones de metales y "fósiles", palabra ésta, que usa para calificar también rocas y minerales como el azufre, ocre y realgar; pero el primer escrito de valor sobre éstos, se debe a su discípulo Teofrasto de Ereso (370—287 A.J.), que escribió un libro especial titulado "Sobre las Piedras", el que por 1800 años debía constituir la obligada obra de consulta sobre minerales y rocas, productos naturales que no se alcanza a separar hasta el advenimiento de la Química.

Entre los griegos menos remotos, débense a Agatarco (181-146 A.J.), las primeras descripciones de yacimientos de oro del Nilo, que posiblemente existían en explotación en las vecindades con Abisinia; y al describir que el amarillo metal se encuentra dentro de la roca en venas ramificadas, no solo pone la primera piedra de la Geología Económica, sino también de la Metalurgia.

A la guerrera Roma, le toca solamente el papel de continuadora de la cultura griega, pues no agrega mucho de valor a lo descubierto en Grecia. Desde un siglo antes hasta uno después de Jesucristo, se destacan: Lucrecio, Vitruvius, Plinio el Joven y Séneca. El tercero de ellos ha dejado buenas descripciones de los yacimientos de oro de España y Portugal, de hierro de la isla de Elba y de Bilbao como de otros minerales y piedras preciosas. Son tiempos aquellos, en que los fines prácticos y materiales, imperan sobre la reflexión severa y elevada. Los progresos empíricos son grandes,

pero pocos los filósofos que han dirigido una orientación industrial. La evolución del pensamiento fue pequeña en comparación con la edad helénica.

Transcurren después los catorce siglos de la Edad Media, en que la humanidad se debate en luchas religiosas que originan las interminables del feudalismo. Muchos de los descubrimientos anteriores son olvidados y muy pocos experimentan la acción progresiva del tiempo. Dante, Assisi, Bacon, Magnus de Beauvais y Marco Polo, son escasos faros de luz difusa; y hay que llegar al siglo XVI, para encontrar en la enorme mentalidad de Leonardo de Vinci, la indicación precisa de una nueva ruta y el punto de partida de las orientaciones actuales.

En ese mismo siglo le toca a Bernardo Palissy (1580) defender las ideas ya emitidas por Vinci (1508) sobre el verdadero origen de los fósiles, restos de animales desaparecidos muchos de ellos bajo el mar y encontrados hoy en la cima de las más altas montañas; y a Jorge Agrícola, imprimir su famosa "De Re Metálica" reseña geológica práctica y teórica de lo más completa y acertada sobre los progresos realizados en el arte de conocer y explotar la Tierra. Por los conocimientos tan completos de este genio de Sajonia, puestos de manifiesto en su "De Natura Fossilium", en el día hay acuerdo en considerarlo como el padre de la Mineralogía.

En sus diversas obras (1530-1556), Agrícola corrige las ideas de Aristóteles, Avicena, (1021-1023), Marbodius (1061-1081) y Alberto Magnus (1260) y establece la más completa clasificación de minerales y rocas. Es muy notable la introducción por vez primera del concepto de solución mineralizadora bajo el nombre de "succus lapidiscens" o "fluido lapidificante", pues con ella explica, como hoy se hace, el relleno de tanto yacimiento metálico cuya explotación constituye la nota más saliente de la cultura actual. Más tarde Conrado Gesner, contemporáneo de Agrícola, da a luz otra clasificación que comprende también fósiles.

Pero tiene todavía que pasar un siglo, durante el cual Aldrovandus (1605) emplea por primera vez la palabra Geología en su actual significado, para que el abate danés Nicolás Steno, sorprenda al mundo con su "Prodromus" (1668), en que establece el carácter detrítico o fragmentario de las capas del suelo toscano, su origen por sedimentación en masa líquida y deduzca, con rara sagacidad, el carácter

horizontal del primitivo depósito como el epigénico de su inclinación actual.

Steno logra diferenciar las formaciones ígneas de las sedimentarias y reconoce entre éstas las que son anteriores a la aparición de la vida orgánica, estableciendo secuencia por edades. Es pues en buena cuenta, el fundador de la Tectónica.

Coinciden con las publicaciones del danés, fruto de observaciones en el campo, las reflexiones teóricas del gran Descartes (1664), quien considera la Tierra como un astro con grandes energías interiores acumuladas, que producirían las dislocaciones de la Corteza y su mineralización.

Trascurre otro siglo de la Edad Moderna, hasta la aparición de Abraham Werner (1775-1825), padre de la nomenclatura geológica y de la Geología Económica. Con una irresistible vocación por la enseñanza y una rara comprensión de los fenómenos que habían producido la mineralización de la por 1000 años laboreada región minera de Freiberg, enseña tan sugestivamente como ninguno en esta Academia de Minas; y estableciendo la instrucción práctica en el laboratorio como en el campo, llega a adquirir tanta Fama que concurren discípulos del mundo entero a escucharlo. Napione lo llama el nuevo Sócrates de la Geología. Leopoldo Von Buch, Alejandro von Humboldt y D'Aubuisson de Voisins, son sus discípulos más famosos, que han de revivir la vieja lucha entre neptunistas con su maestro al frente, y plutonistas con el gran escocés James Hutton (1726-1797) que Zittel considera el padre de la Geología Histórica.

Esta lucha tiene por origen la dificultad de viajar y el reducido campo de observación de los geólogos. La influencia de los lugares donde vivieron, donde pudieron observar y meditar, los llevó a generalizaciones peligrosas y la creación de dos doctrinas antagónicas: las de la predominancia del agua o del fuego en la producción de las formaciones visibles de la litósfera. En realidad ambas tenían razón, puesto que los dos agentes habían intervenido en originarlas.

Pero a fines del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, hay un florecimiento general de todas las ciencias. Vienen al mundo Lamarck, Cuvier, Smith, Lavoisier, Haüy, Lyell y Darwin, astros de primera magnitud, que habrían de iluminar el



firmamento del saber y a cuyas luces la Geología habría de experimentar una completa consagración científica.

Lamarck (1744-1829), fundador de la Paleontología de los Invertebrados, es sobre todo famoso por haber establecido las bases de la Teoría de la Evolución de los Seres.

Cuvier (1769-1839), es el fundador de la Paleontología de los Vertebrados y ejerció en las esferas científicas una profunda influencia por su enorme obra y elevada condición social.

William Smith (1769-1839), al descubrir que determinadas formaciones están caracterizadas por ciertas especies de animales fósiles, se convierte en el padre de la Estratigrafía. Por sus grandes trabajos, también se le conoce como el Padre de la Geología Inglesa.

Lavoisier (1743-1794), con sus grandes descubrimientos en Química, hace posible el establecimiento de la especie mineralógica, que es la especie química natural.

René Justo Haüy (1743-1821), nacido en un pueblo del Norte de Francia, eleva la Mineralogía al rango de Ciencia, como lo dijo Berzelius. Es el fundador verdadero de la Cristalografía, por sus investigaciones matemáticas en tal disciplina.

Lyell (1797-1875) con sus "Principles of Geology", es el que más contribuye a dar a la Geología la firmeza que hoy posee. Antes de él, Cuvier había recurrido a hipótesis catastróficas para explicar la desaparición de grandes grupos de animales; pero Lyell opina por un proceso de evolución lenta, semejante al que ofrece el decurso normal de los acontecimientos a los ojos del hombre. Lyell, es sobre todo, el primer vulgarizador de la ciencia geológica, porque la pone al alcance de las masas, arrancándola, de los predilectos.

Charles Darwin (1809-1882), llena por fin con sus obras un enorme vacío. Es el consolidador de la Teoría de la Evolución y con su escuela el que más contribuye a robustecer los conceptos de la Geología Histórica, estableciendo los vínculos filogénicos de las diversas especies. Se hace sobre todo famoso por sus investigaciones sobre el origen de la especie humana.

Bien se puede decir pues, que declina el siglo pasado y comienza el actual con un afianzamiento completo de la Geología y sus ramas mineralógica y paleontológica.

**La Geología Contemporánea.**- Como un árbol robusto que demora en crecer, pero cuando llega a la edad adulta echa profundas raíces y cobijadora sombra su copa, así la Geología que desde mediados del siglo último era ya una ciencia hermosa, con los años transcurridos había de convertirse en gigantesco tronco, cuyas ramificaciones, muchas de ellas corpulentas y aptas para constituir entidades independientes, le dan un aspecto imponente y difícil de abarcar con el más grande esfuerzo de la mente. No sólo produce en el espíritu, la satisfacción de explicar muchos acontecimientos del presente o del pretérito y de cubrir así la exigencia de saber del inquieto hombre de hoy, sino que es la directamente responsable de su progreso material, al suministrarle los conocimientos necesarios para que pueda obtener de las entrañas terrestres lo que necesita para dominar el aire y el agua, para comunicarse mejor y para elevar su civilización a los niveles de una cultura jamás alcanzada.

Después de las trabajos de Bravais, Weiss, Miller, Michel, Levy, Gadolin, Federow, Sohncke y Schoenflies en materia cristalográfica, de Brush, Plattner y von Kobell en química pirognóstica, de Sorby, Des Cloiseaux, Fouqué, A. Michel Levy, Mallard, Bertrand, von Lassaulx, Federow, Winchell, Wright, Campbell, Murdoch, Davy, Farnham, Van der Veen y Schneiderhömn, sobre óptica transparente y opaca, como de Dana, Lapparent, Hintze y Niggli en orden taxonómico y de Doelter, Curie, Groth, Voigt, Bragg, Laue, Koksharov, Vulf, Boldyreva y la escuela de Federow en los restantes órdenes físicos y químicos, la Mineralogía es hoy una ciencia de vida propia, dentro de la cual caben muchas especialidades.

Hay varias revistas especialmente dedicadas a esta rama geológica y los museos del mundo entero están llenos de miles de especies minerales, que continúan siendo estudiadas a la luz de la nueva física. Su enseñanza es obligatoria en todas las escuelas y especialmente en establecimientos científicos superiores de Geología y de Minas, y para su aplicación a las industrias extractivas del suelo se preparan cursos de vulgarización, teniendo



en cuenta que lo que se persigue con la Mineralogía es llegar en el más breve tiempo a la mejor identificación de la especie química.

La Petrología, que en buena cuenta es una rama de la Mineralogía, pues estudia las mezclas o asociaciones de minerales para formar conjuntos de grandes dimensiones llamados rocas, sigue un progreso paralelo a la ciencia de que deriva. Reconocidos los orígenes endógeno, ígneo o plutónico y exógeno, sedimentario o neptónico, se estudia también los tipos de estas rocas que han sufrido transformaciones por incremento de temperatura o presión y que constituyen el tercer gran grupo de las metamórficas o cristalofílicas. La aplicación del microscopio a la determinación de las especies minerales integrantes, que por regla casi general se ofrecen en minúsculos granos, contribuye a darle un empuje considerable, pero pronto se ve que la complejidad de tales asociaciones impone el análisis químico.

La parte taxonómica de esta ciencia es pues todavía incierta, y los esfuerzos de los grandes petrólogos como Fouqué, Michel Levy, Lacroix, Rosenbusch, Iddings, Teall, Brögger, Cross, Pirsson, Washington, Clarke, Tschermak y últimamente de R. A. Daly de Winchell, Johanssen, Fenner, Bowen, Larsen, Harry etc., en la parte de petrología endógena; de Cayeux, Grabau, Potonié, Twenhofel, Hatch, Rastall, Boswell, Trask, Krumbein y Pettijohn en petrología exógena, y de Van Hise, Sederholm, Termier, Grubenmann y Sander con las escuelas suecas y canadienses en materia de petrología cristalofílica aún parece que no se ha encontrado una pauta sistemática que sirva de segura guía para su conocimiento y estudio. Las tendencias actuales son las de estudiar las condiciones fisicoquímicas en que han consolidado o se han metamorfozados y hacer un estudio mixto de las rocas bajo un punto de vista mineralógico y químico. Con todo, parece aún lejano el día en que dada la complejidad de productos y condiciones de génesis, se puede establecer agrupamientos que faciliten debidamente su estudio y den luces claras sobre su origen. Hay que esperar que los estudios de Geología Estructural, contribuyan eficazmente a este fin.

La Paleontología es una rama que ha progresado bastante al auxilio de la Anatomía Comparada y del creciente reconocimiento de nuevas faunas y floras fósiles. Entre los

maestros de esta ciencia debemos citar a Hall, d'Orbigny, Zittel, Steinmann, Osborn, Gabb, Hyatt, Walcott, Ameghino, Waagen, Bose, Ruedemann, Douvillé, Cushman y otros en Paleozoología y a Ehrenberg, Zeiller, Schimper, Saporta, Scott y otros en Paleobotánica.

En las condiciones actuales, la Paleontología cubre dos fines: uno exclusivamente especulativo, el biológico o filogénico, de reconstruir el camino seguido por los seres en su evolución, y otro de positiva ayuda a la industria, cual es el de suministrar las especies y géneros característicos, que vienen a ser las fichas indicadoras de la edad de las diversas formaciones exógenas. La gran variación de algunos grupos de animales y plantas, ha permitido llevar muy lejos las subdivisiones de la cronología estratigráfica y con ello identificar formaciones de poco espesor, que de otra manera sería poco o nada factible. En los últimos años p. ej., y merced a los trabajos de Cushman y Wayland Vaughan, notables paleontólogos estadounidenses, la clase Foraminífera es una ayuda de gran valor para el descubrimiento de reservorios de petróleo. Una de las deficiencias subsistentes, es la de que no exista aún criterio formal para la designación, de la especie, lo que contribuye a dar una base inestable a la labor paleontológica; esto no parece que dejará de ser así, hasta que los fenómenos biológicos puedan traducirse en fórmulas matemáticas.

La Geología Estructural, Tectónica o Geotectónica como también la denominan algunos geólogos, es otra hija de la Gran Geología que ha experimentado considerables progresos, debido a los estudios de los ciclópeos macizos montañosos y de los relevamientos geológicos operados en la mayor parte de las naciones civilizadas. A este respecto se debe mencionar los grandes trabajos de Albert Heim, Termier, Argand y otros geólogos notables en los Alpes; de Rogers, Dana, Bayley Willis y otros miembros del Geological Survey de E.E. U.U. sobre los Apalaches; de Steinmann y otros sobre los Andes y sobre todo la grandiosa síntesis de Suess, intitulada "La Faz de la Tierra", traducida ya a varios idiomas. En cuestión de formaciones de origen ígneo, deben mencionarse las originales y recientes investigaciones de H. Cloos. Con todos estos progresos, todavía la parte sistemática de la Tectónica deja algo que desear, y es, que faltan frecuentes y buenas secciones naturales para

descubrir las estructuras profundas, particularmente en las poco accidentadas zonas de los escudos continentales. Una mención de valor debe hacerse en este sentido a la industria minera, por las luces suministradas con sus extensas perforaciones, que han permitido relevar estructuras invisibles y desconocidas.

Las frecuentes exploraciones verificadas por todos los ámbitos continentales y los cada vez más frecuentes y eficaces viajes y cruceros oceánicos, han permitido llegar hoy a un conocimiento muy avanzado de las formas externas litoesféricas. La Geomorfología General y Específica, han adquirido pues hoy una gran amplitud, restando tan solo el Continente Antártico y algunos mares, para que el hombre obtenga un conocimiento satisfactorio de las particularidades de forma del astro sólido sobre el cual se asienta nuestra vida. La intervención de filantrópicas instituciones de los principales países, ha sido y es muy eficaz; y son muchos los maestros y hombres de ciencia que se han destacado en esta labor, debiendo mencionarse a Murray, Morris Davis, Walther, Johnson, Penck, Passarge, Bowie, Sapper, Vening, Meisnesz, Byrd y otros más.

La atmósfera como agente de intensa modificación de las formas terrestres, es algo que solamente en los años recientes ha merecido atención. Son muchas las investigaciones que en los años últimos se han hecho con el fin de conocer las particularidades de su dinamismo, las que se perfeccionan cada día. Los Servicios Meteorológicos de los diversos países, rinden mucho en este sentido; pero falta explorar más la estratosfera, en el cual se encuentra seguramente el origen de los cambios troposféricos que afectan los continentes y los océanos. En alcanzar el conocimiento actual, han contribuido en forma destacada Bjerknes y Exner, fundadores de la Meteorología Dinámica, nueva ciencia que ha permitido la previsión del tiempo a corto plazo, como también Napier Shaw, Humphreys, Hobbs, McEwen, etc. por investigaciones semejantes. La exploración de la alta atmósfera como la de las profundidades oceánicas, es muy costosa, y solo puede ser acometida con la cooperación de los grandes filántropos, instituciones muy poderosas o los gobiernos de las principales naciones.

Son grandes las sorpresas obtenidas con los más recientes estudios hidrológicos, tanto oceánicos como continentales, superficiales como subterráneos. La Oceanografía es ya, después de los viajes de Murray y el Príncipe Alberto de Mónaco, una ciencia casi independiente, cuyas actividades continúan gracias a los esfuerzos meritorios de instituciones como la Carnegie de Washington, la Scripps de California, la de Mónaco y la de Hamburgo. Varias otras valiosas observaciones se han agregado, como la reciente del "William Scoresby" en el Pacífico Meridional, financiada por el Gobierno Inglés, y la del "Meteor" por el alemán, sobre el Atlántico. Una particularidad revelada en el borde oceánico, es la de los cañones submarinos, profundas depresiones transversales que se inician de las costas y llegan hasta miles de metros de profundidad, sin relación muchas veces con los valles continentales del presente, de los cuales se juzgó en un principio que eran su continuación bajo el mar. Ninguna de las siete teorías ideadas para explicarlos, es satisfactoria. De otro lado, las determinaciones biológicas, de salinidad, oxígeno, temperaturas, y otras características de masa oceánica, revelan que ésta es de una gran complejidad y más complicado aún su dinamismo. Aún no existe por lo tanto un acuerdo sobre el verdadero origen de las corrientes marinas, ni se explican satisfactoriamente circulaciones verticales con el llamado Upwelling o "movimiento de agua de fondo", responsable de las bajas temperaturas de la Corriente Peruana generadora de las condiciones climáticas de nuestra costa.

La Hidrología Superficial, tanto en su aspecto de estudiar el dinamismo del agua sólida como líquida, ha merecido intensas investigaciones en los años últimos, particularmente de los gobiernos, que miran en el dominio de su conocimiento la solución del problema de asegurar la vida de sus pobladores. Cientos de investigadores se han dedicado a ella, encontrándose todavía bastantes incógnitas. En algunos estados, se ha llegado, con todo, a producir un verdadero control artificial de la circulación superficial o escorrentía. La Hidrología Subterránea, o Hidrogeología ha dado también grandes pasos después de las iniciales investigaciones de Darcy, King y Slichter, permitiendo que hoy se tenga un concepto algo preciso de la circulación por los poros y fracturas de los sedimentos y rocas. Como resultado de estas investigaciones, se ha

establecido una perfecta subordinación del agua subterránea a la superficial, cuyo régimen circulatorio solo estaría regido por las variaciones estructurales de las capas permeables a cuyo través migra. Continúa siendo con todo un enigma el origen de muchas aguas termales, cuya vinculación a focos volcánicos parece evidente.

En materia glaciológica, es también un hecho comprobado, el retroceso de las nieves permanentes, el que manifiesta que atravesamos por una época de calentamiento y sequedad de la troposfera en la cual tenemos que desenvolver nuestra corta existencia. Los últimos estudios estratigráficos, revelan que la Tierra ha atravesado, desde los tiempos en que el reino biológico comenzaba a aparecer, por grandes ciclos universales de variaciones climáticas, pues en las capas anteriores al Paleozoico se ha encontrado, en distintas partes del globo, grandes depósitos glaciares petrificados. La cuestión de la periodicidad en ciclos climáticos, es con todo una cuestión que continúa siendo discutida, pues aunque es evidente el proceso de variación, no se puede establecer su carácter matemático. Causas cósmicas de perturbación milenaria, dificultan seguramente la elucidación del problema.

La Geografía Física, parte sistemática que pretende transformarse en ciencia independiente al concurso de la Fisiografía, la Meteorología, la Hidrología, la Geomorfología y la Biogeografía, ha recibido el impulso de algunos investigadores, como Köppen de Martonne, y las respectivas escuelas alemana y francesa.

En el último cuarto de siglo y con el enorme avance de la técnica, se ha acometido el amplio estudio de las propiedades físicas del astro. Campo de gravitación, magnético, sísmico, eléctrico, térmico, radioactivo de grandes dimensiones, la superficie terrestre ha sido y sigue siendo explorada con métodos particulares que constituyen ya materia de una ciencia muy vasta, la Geofísica o Física del Globo, la que no puede desligarse de la Geología. Los progresos realizados en tan corto tiempo, son enormes; sus perspectivas gigantescas. No solo ha contribuido y contribuye a revelar la existencia de grandes riquezas ocultas en el subsuelo, sino que en el campo de la ciencia abstracta descifra las estructuras más profundas del medio intratelúrico. Como ocurre con todas las ramas del saber, su origen es

radial y se produce como resultado de la conjunción de esfuerzos independientes y simultáneos que parecen respondiesen a un salto de la mente humana. Etvös, Bessel, Hayford, Lambert, Schweidar, Heiland, Ambronn, Gauss, Lord Rayleigh, Schmidt, Bauer, Koenisberger, Maurain, Schlumberger, Lunberg, Sundberg, Rooney, Gish, Wiechert, Zoeppritz, Gutenberg, Mohorovicich, Macelwane, Sieberg, Galitzin, Inglada, Quervain, Wegener, Jeffereys, Love, Jeans, Mintrop, Omori, Mainka, Rothé, Milne, Wenner, Brunner, Heck, Fleming, Geitel, Holmes, Kossmat, Elster, Sokolow, han sido y son sólidos pilares de este nuevo edificio.

La Volcanología, no ha experimentado verdaderos y efectivos progresos desde muchos años atrás, muy a pesar de los observatorios establecidos en Italia y Java y del acopio de datos sobre las actividades de los centros eruptivos de esas comarcas.

La Geoquímica ha dado un buen paso con los importantes estudios de W. Clarke y Vernadski, pero falta todavía mucho que aplicar al conocimiento de las particularidades del planeta.

La Geología Experimental, nacida a la sombra de las experiencias de James Hall en 1815, se transformó en una importante rama científica al notable impulso del genio de Daubrée y sus continuadores, como Meunier, Bayley Willis, Leith, de Sitter, Kuenen y decenas de otros científicos, cuyos trabajos han servido para aclarar el origen de muchos fenómenos geológicos pretéritos y presentes.

La Minerogenia, no obstante constituir la parte de la Geología que más aplicación tiene a la industria, toda vez que los progresos de ésta derivan de la aplicación acertada de sus luces, no ha desarrollado lo deseable. Verdad es que hoy se conoce el origen del carbón, se puede casi afirmar el del petróleo y se tiene ya un concepto más preciso de la mineralización metálica primaria al no sostenerse que sea espontánea o derive de semillas y transformaciones autóctonas; pero a pesar de las grandes explotaciones, falta todavía establecer relaciones claras entre depósitos y magma o roca madre. La aplicación de la Geología Estructural y la Fisicoquímica, está llamada a rendir muy buenos frutos en este sentido.

La nueva escuela de geólogos estadounidenses ha contribuido en buena parte a colocar esta ciencia en un pie más alto del que la habían dejado los de Gales y Sajonia. Son muchos los nombres que podríamos citar, limitándonos a Ransome, Emmons, Rice, Lindgren, Spurr, y Graton entre los estadounidenses y a Fuchs, de Launay, Becke, Beyschlag, Vogt, Krusch, Locke entre los europeos dedicados a la investigación de génesis de los depósitos metálicos; Grand'Eury, Fayol, White, Campbell, Ashley, Potonié, Thie-sseny Dowling al carbón, y Sterry Hunt, Hoefer, Newberry, Engler, Clapp, De Golyer, Trask, Krejci Graf y otros, al petróleo.

Los constantes estudios paleontológicos y tectónicos que se hacen en el mundo entero, tanto por los estados como por las empresas particulares empeñadas en apropiarse reservas de petróleo o de carbón, han hecho que la Estratigrafía, aún después de la genial síntesis de Suess, experimente un gran desarrollo.

La Orogenia continúa todavía en el campo de las incertidumbres, muy a pesar de los recientes y apreciables trabajos de Stille, Argand, Fourmarier, Bucher, Haarmann, van Bemmelen, Holmes, Grabau y otros. Como síntesis del actual estado de sus conocimientos, las áreas continentales se pueden dividir en zonas estables o escudos e inestables o geosinclinales. Las cordilleras coinciden con éstas. La inestabilidad de tales zonas, es algo que todavía no se ha elucidado, pues si bien parece que Stille ha probado que a través de los tiempos geológicos, la Tierra tuvo períodos de intensa actividad orogénica separados por largas épocas de quietud, esta quietud no ha sido absoluta, sino que se ha caracterizado por movimientos verticales o epirogénicos de gran frecuencia relativa, pero de poca amplitud. También la teoría mandibular de Suess, que suponía los plegamientos montañosos producidos por la aproximación de dos bloques corticales estables o escudos, tiende a ser desechada para substituirse por la de un arrastre por movimiento de la subcorteza semifluida. La teoría de la Isostasia de Pratt y Airy, que envuelve movimientos verticales, solo es aplicable sobre la base de un substrato de esta condición.

La Paleogeografía, verdadera síntesis o recapitulación de la geomorfología y climatología del pasado, ha recibido importantes perfeccionamientos y correcciones como resultado de los más recientes estudios

estratigráficos. Las cartas de A. d Lapparent, han podido así ser corregidas por Haug y Schuchert, ofreciendo cuadros más próximos a la verdadera repartición pretérita de tierras y mares.

La Geocronología, que por muchos años tuvo por base solamente el criterio evolucionista de los seres y por lo tanto no podía acertadamente recibir una expresión en unidades objetivas de tiempo, ha dado un verdadero salto al aplicarse con éxito favorable los métodos radiactivos por Russell, Kovarik, Holmes y Lane, de los cuales se deduce que las formaciones litoesféricas más antiguas y consideradas como las primeras capas terrestres de la corteza, tienen una edad de cerca de 2000 millones de años. La más concreta y continuada explicación de estos métodos, que son a no dudarlo los menos inseguros, confirman la secuencia de la cronología biogeológica establecida, aunque la duración de los intervalos no guarde relación con el rango conferido a sus diversas divisiones y subdivisiones. Todavía hay que esperar un perfeccionamiento de éste y otros métodos que dan resultados muy distintos, para llegar a tener una escala más próxima a la verdadera.

La Geocosmología, que se halla en el plano de la hipótesis, mal llamada teoría, no ha avanzado preceptiblemente a pesar de los recientes esfuerzos de Chamberlin, Moulton y Jeans. Solo podrá constituirse en una verdadera rama científica, cuando prosperen la Astrofísica y otras ramas conexas. El momento está todavía algo lejano.

Esta es en suma Señores, una apreciación global de los progresos de las diferentes ramas de la gran ciencia geológica y una apreciación restringida de su actual estado. Como se ve, no ha experimentado ninguna detención, pues organizada en época bastante reciente, interviene al unísono en el concierto de las otras fuentes del saber humano y contribuye como ninguna al auge material y síquico de la actual civilización.

**La Geología en el Perú.-** País conquistado hace más de cuatro siglos por la cultura europea, no podía recibir en un principio sino el mezquino aporte de una ciencia que recién se formaba. No faltan historiadores versados y publicistas seudotécnicos, que nos dan una clara noción de lo que ocurría en esas épocas ya lejanas de empirismo rayano en ignorancia y de antojadizas explicaciones fenomenológicas. Solamente con la llegada de Humboldt, en los



albores del siglo XIX, es que se establece la primera infiltración de la verdadera ciencia geológica, la que también en el viejo continente adquiriría fresca carta de ciudadanía. Con ese gran viajero, se comienza pues por conocer científicamente los minerales objeto de aprovechamiento industrial, al mismo tiempo que se hacen los primeros datos de Geología Económica. La colección de fósiles por él recogida, fue objeto de las primeras descripciones hechas sobre material peruano por Von Buch (1839). Poco después aparecen los estudios de D'Orbigny (1842) y posteriormente los de Hyatt (1875), valiosas descripciones paleontológica sudamericanas. Mas tarde Gabb, publica en 1877, el resultado del examen de una colección de moluscos fósiles remitida por Raimondi.

Antonio Raimondi, ha sido para el Perú su principal figura científica y el padre de nuestra Mineralogía. Gran explorador y coleccionista, reunió un buen museo de minerales, plantas y animales, dedicándose de preferencia al examen y clasificación de las primeras. No era un estratígrafo, tectonista ni tampoco dominaba sino escasamente las otras ramas de la Geología, de modo que su principal trabajo fue de orden mineralógico. Al leer sus voluminosos apuntes de esta disciplina, no hay pues que formarse un juicio excesivo e infundadamente optimista de las riquezas del país, porque trata de muestras escogidas. Para juzgar bien su obra, debe tenerse en cuenta que la Mineralogía no había adquirido gran desarrollo, por lo que no obstante haber sido el introductor del microscopio en el examen de algunos minerales, nunca llegó a poseer la elaborada técnica contemporánea, limitándose a identificaciones químicas de soplete o vía húmeda y a describir los aspectos macroscópicos de minerales y rocas.

En 1881, Gustavo Steinmann, geólogo de Iena y después de Bonn, publicaba descripciones de fósiles peruanos, y poco después Pflücker y Rico, que había estudiado en Alemania, clasifica fósiles por primera vez en el país, por lo que se le puede calificar del introductor de la Paleontología en el Perú. Sus estudios en esta materia (1883), no fueron con todo muy extensos. También Gehhardt y Douvillé, publican cortas notas paleontológicas sobre fauna nacional que se les remite (1897) y (1898).

Tal en síntesis el estado de los conocimientos geológico del Perú, al terminar el siglo, y que

completado con algunos breves informes de Geología Económica, Geografía, Fisiografía, Climatología, daba el convencimiento de que era todavía un campo casi virgen para la investigación respectiva.

Nadie podrá negar la influencia tan poderosa que en el progreso del país han ejercido: la Escuela de Ingenieros, fundada por Eduardo de Habich en 1876 y el Cuerpo de Ingenieros de Minas por José Balta al comenzar el siglo actual. En el primer instituto se dictan las más modernas disciplinas científicas, preparándose personal técnico; en el segundo se estudian los recursos minerales del país. En un principio es necesario traer especialistas extranjeros, pero pronto los nacionales han de sustituirlos con igual eficiencia. En la Escuela de Ingenieros, Carlos I. Lisson dicta las primeras lecciones de Petrología y Geología General, como José J. Bravo las de Paleontología. La Mineralogía era disciplina que regentaban Olaechea, Barranca y Alvarado, en la Escuela el primero y en la Universidad de San Marcos los otros dos maestros. En el Cuerpo de Ingenieros de Minas, se contrata a G. Steinmann y también una misión de técnicos norteamericanos para estudiar los recursos hidrológicos del país, mientras que una pléyade de egresados de nuestro plantel técnico superior, recorren el país en misión de hacer conocer sus riquezas mineras con el poderoso auxiliar de la herramienta geológica. Lisson y Bravo acometen de lleno la tarea paleontológica con materiales exclusivamente del país, o sea con bibliotecas y museos de la Escuela y del Cuerpo. Hay entre ambos una rivalidad, que habría de servirles de estímulo, por lo que el país se beneficia con la buena labor de ambos, tanto en materia petrológica como paleontológica y estratigráfica. La Universidad de San Marcos no es ajena a esta actividad y abre el camino a los dos estudiosos, dando una cátedra de Geología y Paleontología a Lisson y de Geografía Física a Bravo. Ambos se constituyen así en maestros casi absolutos de nuestras actuales generaciones de geólogos.

Para facilitar la enseñanza, Lisson escribe un curso de Geología General, que por falta de apoyo queda aún inconcluso. Bravo solo consigue que sus lecciones de Geografía Física vean la luz después de su prematura muerte. Lisson es un trabajador que no desmaya y desde antes de que publicase su "Geología de Lima y sus Alrededores" hasta hoy, continúa sin tregua a despecho de los

años, la incomprensión y la estrechez de recursos de nuestro medio. El Perú debe estar orgulloso de estos dos raros brotes de sabiduría y de tesón, que abren nuevas y definitivas rutas a las actividades de una ciencia tan noble y esencial para el desarrollo y grandeza del país.

Mientras esto ocurre en nuestro ambiente científico reducido y pobremente auxiliado, investigadores de afuera, con mas medios, con la preparación adquirida en países donde hay grandes museos y bibliotecas especializadas, con mayores recursos para viajar, con la ayuda de expertos en diversas disciplinas y el estímulo de un público que sabe apreciar debidamente el valor de la verdadera tarea científica, guiados por los atractivos únicos que ofrece al geólogo nuestro territorio tan accidentado como representativo, complementan la labor de nuestros cientistas entusiastas. La actividad industrial de algunas grandes empresas extranjeras que se establecen para explotar nuestras riquezas, no se sustrae a este movimiento.

Las grandes Universidades e instituciones científicas del extranjero, contribuyen a la aparición de los trabajos de Bowman, Hauthal y Douglas sobre el Sur del Perú, de Steinmann y sus discípulos sobre el Centro; y de Bosworth y Olsson sobre el Norte.

Entre todos estos trabajos, descuella el de Steinmann, intitulado "Geología del Perú", publicado primero en alemán (1928) y después en castellano (1929), obra integral, en que el geólogo de Bonn, con el auxilio de Lisson, Stappenbeck, y Sieberg, ofrece: el primer aunque incompleto mapa geológico del Perú, hace una síntesis estratigráfica y tectónica de los Andes peruanos, añade una descripción de los yacimientos minerales obra del segundo de sus colaboradores y ofrece una reseña de la Seismología Peruana fruto del último.

Debe mencionarse después, la gran obra de Olsson sobre la Paleontología del Noroeste del Perú, o sea más explícitamente sobre la macrofauna fósil de esa zona petrolera, y que comprende todo su Terciario y Cretácico.

La obra de Bowman "Los Andes del Sur del Perú", traducida recientemente al castellano por Nicholson, cuando la original inglesa estaba agotada, ofrece el valor de sus estudios novedosos sobre glaciología; y la de Bosworth sobre

"Geología del Noroeste del Perú", sus amplios estudios sobre el régimen eólico de nuestra desértica costa. Ambos tienen una copiosa documentación local de diferentes órdenes geológicos.

El año próximo pasado llegó al país la comisión presidida por J. V. Harrison profesor adjunto de Geología en la Universidad de Oxford, para hacer un levantamiento y estudio detallado de la zona de los altos Andes centrales de Junín. Pronto verá la luz un primer y valioso informe de esta fructífera exploración. Antes de ella había llegado la que presidía J. V. Gregory, geólogo inglés de prestigio mundial, que encontró heroica sepultura en un apartado malpaso del Urubamba; y aunque este triste fin, no permitió la realización íntegra de su objetivo, sabemos que la parte de los apuntes referentes a su travesía previa por Ica, Ayacucho y Cuzco se remitió a Inglaterra para su arreglo y publicación, la que aún no ha aparecido.

Los departamentos geológicos de la Cerro de Pasco Copper Corporation, con Graton, Mc Laughlin y Walker a la cabeza, como, lo de la International Petroleum con Iddings y Olsson y de la Standard Oil del Perú con Bassler, han realizado muy importantes estudios de Geología Económica o sea de Estratigrafía y Minerogenia. No se debe excluir en esta mención al profesor J. T. Singewald, por su obra "The Mineral Deposits of South América" y otras publicaciones sobre geología de nuestra Selva.

En materia Aerológica, debe mencionar a Wagner y Korff por sus exploraciones de la alta atmósfera como a Remy, Mostajo y otros observadores sobre la baja.

En Hidrología Oceánica, se destacan, por sus estudios de la Corriente Peruana, Sverdrup, Schott y sobre todo Gunther; mientras que Sutton con sus discípulos lo hacen en la continental de superficie y Elmore, Conkling y otros en la subterránea.

En Geofísica debe mencionarse al Instituto Carnegie de Huancayo, en donde Gish hace sus primeras experiencias sobre el método de Resistividad y a la misión Salfeld por sus estudios sísmicos y magnéticos de Ica y Sechura.

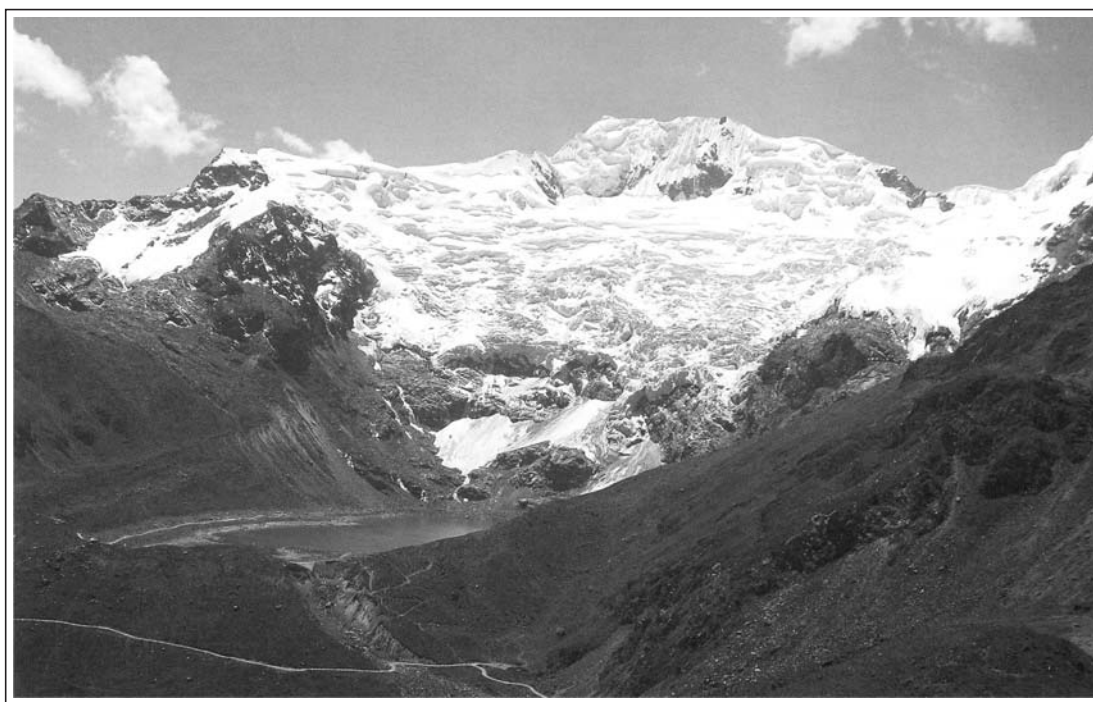
En la rama mineragráfica de la Mineralogía, se destacan Orce, Lindgren, Zevallos y Rivera Plaza. Por último al profesor E.W. Berry de la

Universidad de John Hopkins, se deben sus ya extensos estudios de la paleoflora del país.

Este es un cuadro trazado a grandes rasgos de la contribución al conocimiento geológico del suelo patrio. Muchos otros nombres podríamos agregar a la larga lista citada, pero no deseamos hacerlo en consideración al auditorio, gran parte del cual conoce con exceso lo que nacionales y extranjeros han hecho en estas disciplinas. Para dar término a la reseña, solo falta decir pocas palabras de la Sociedad Geológica del Perú, que fundada en 1924, bajo la presidencia de Lisson y con mira de impulsar la investigación especializada, es la única de la América Latina que continúa con vida, logra la traducción de la obra de Steinmann, publica un gran tomo inédito de Mineralogía de Raimondi y da a luz nueve de su

Boletín, repletos de contribuciones todas originales entre las que se destacan las de Lisson, Petersen, Welter, Boit, Masías y otros.

El Perú es un país grande y bastante favorecido con riquezas muy variadas. Sus Andes gigantescos, atravesados por profundos cañones y con un pasado geológico agitado y convulso, son a no dudarlo la fracción de ese enorme y dormido coloso orográfico que atraviesa la América, en donde el geólogo puede estudiar mejor su estructura. No desmayemos en continuar su investigación, que solamente se ha iniciado. Sus entrañas han de recompensar generosamente a los gobiernos, instituciones y empresas industriales que pongan interés en explorarlo con los refinamientos de la ciencia actual.



**Vista del nevado Huaytapallana (5,557msnm), el cual actualmente provee de agua a Huancayo, la mayor ciudad en la cuenca del río Mantaro. El cambio climático podría llevar a su desaparición en pocas décadas. (Fuente: Instituto Geofísico del Perú. Presente y futuro. Lima, 2009).**

---

**TEMAS**

---

**2010 - Año Internacional de la Biodiversidad**

La megadiversidad del Perú -que cuenta con el 70% de la biodiversidad del mundo- será celebrada a lo grande durante todo el año 2010, denominado por las Naciones Unidas como el Año Internacional de la Diversidad Biológica, con la finalidad de concientizar a la población mundial sobre la importancia de proteger la diversidad biológica para la continuidad de la vida en el planeta.

En ese sentido, la Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), impulsada por las Naciones Unidas, viene coordinando con los 192 países miembros -incluido el Perú- para fomentar medidas de protección de la biodiversidad, que en la actualidad se encuentra amenazada por la deforestación, la minería ilegal y el cambio climático en todo el mundo.

La diversidad biológica va más allá que el solo hecho de observar a los animales o plantas; la biodiversidad está en nuestra vida diaria a través de los productos que consumimos. Sin la biodiversidad que poseemos sería imposible nuestra famosa gastronomía y nuestro rol protagonista en la mitigación del cambio climático.

Desde su creación el Ministerio del Ambiente está comprometido en inculcar en todos los peruanos el respeto y el valor de nuestra biodiversidad, así como promover su consumo y desarrollo sostenible. Es por ello que durante el año 2009 se emprendieron acciones de promoción, sensibilización, educación y puesta en valor de nuestra biodiversidad, como la Semana de la Diversidad Biológica, que incluyó foros internacionales, campañas de sensibilización, arborización, concursos de pintura y dibujo, pasacalles, actos públicos y culturales.

En esa ocasión, el Ministro del Ambiente, Antonio Brack, resaltó las posibilidades económicas que nos da el ser un país biodiverso a través del aprovechamiento sostenible y la conservación de nuestros recursos naturales. Como parte de las acciones que emprenderá en el año 2010 el Ministerio del Ambiente para proteger nuestra biodiversidad, destaca el proyecto especial **“Conservando Juntos”**, que promoverá una compensación económica de diez soles por conservación de hectáreas de bosques, lo que permitirá la preservación de más de 10.5 millones de hectáreas de bosques amazónicos ricos en biodiversidad.

El Perú, es uno de los 12 países megadiversos del planeta. Posee el 70% de la biodiversidad del mundo en 66 millones de hectáreas de bosques amazónicos, que representan un pulmón gigante para la humanidad. Así también, posee 84 zonas de vida, 182 variedades de plantas domesticadas, 1816 especies de aves, 1070 especies de peces, entre otros recursos naturales que nos posicionan como un país de una riqueza invaluable.

Dependemos de la biodiversidad para obtener los alimentos, el combustible, las medicinas y los demás elementos esenciales sin los cuales no podríamos vivir. Este 2010, Año Internacional de la Diversidad Biológica, es un año para reflexionar y actuar protegiendo los recursos naturales para la preservación de la vida.

Información del Ministerio del Ambiente  
[http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=566:2010-sera-el-ano-internacional-de-la-diversidad-biologica&catid=1:noticias&Itemid=21](http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=566:2010-sera-el-ano-internacional-de-la-diversidad-biologica&catid=1:noticias&Itemid=21)



**PUBLICACIONES RECIBIDAS**

Publicaciones de Otras Academias:

- Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, España. Serie A: Matemáticas. RACSAM: 104 (2), 2010.
- Newsletter Islamic World Academy of Sciences. Vol. 24, N° 39 March – May 2010
- Sociedad Científica del Paraguay. Revista Tercera Época. Año XIV N° 25.

Documentos de organismos internacionales:

- TWAS Newsletter 2010 Vol. 22 N° 2,3; Annual Report 2009
- ICSU – Regional Environmental Change: Human Action and Adaptation. What does it take to meet the Belmont Challenge?
- ICSU Annual Report 2009.
- Tiempo N° 77, Oct. 2010. A bulletin on climate and development
- Reaching the marginalized. EFA Global Monitoring Report 2010, UNESCO
- Informe de Seguimiento de la EPT en el Mundo. Resumen 2010. UNESCO
- Panorámica regional: América Latina y el Caribe. Rumbo a la Educación para Todos: Progresos y problemas. UNESCO
- Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010. El estado actual de la ciencia en el mundo. Resumen extraído del primer capítulo.

Revistas Extranjeras:

- Brazilian Journal of Biology. The International Journal on Neotropical Biology. Vol. 70 N°2 May 2010 y N°3 Oct 2010 Neotropical Biodiversity: Perspectives for the 21st century. Instituto Internacional de Ecología. Associação da revista brasileira de biologia.
- Bibliotheca Alexandrina. Quarterly Issue N° 8, July 2010.

Revistas Nacionales:

- Revista Médica Herediana Vol. 21 N° 4 Oct.-Dic. 2010 Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Archivo de Biología Andina Vol. 14, N° Extraordinario Dic. 2008 75 Aniversario. Instituto Nacional de Biología Andina, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Libros Nacionales:

- Percepción de los jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica en Lima Metropolitana; Organización de Estados Iberoamericanos 2010.
- Educación Básica en el Perú; Organización de Estados Iberoamericanos, Setiembre 2010.
- Educación Superior en el Perú; Organización de Estados Iberoamericanos, Setiembre 2010.
- Emergencia de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el Perú; Organización de Estados Iberoamericanos, Setiembre 2010
- 50 años de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.
- Cambio Climático en la cuenca del Río Mantaro. Balance de 7 años de estudio. Instituto Geofísico del Perú. Julio 2010
- Compendio Estadístico 2010. N° 23. Oficina General de Planificación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Recubrimientos delgados obtenidos por procedimientos físico-químicos. Walter Estrada, José Solís y Juan Rodríguez. Universidad Nacional de Ingeniería. Editorial universitaria UNI. Noviembre 2009.



## INFORME DE LA UNESCO SOBRE LA CIENCIA 2010

### La importancia creciente del conocimiento para la economía mundial

*Hugo Hollanders y Luc Soete*

#### Panorama General

El "Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010" comienza donde terminó su predecesor, hace cinco años. La finalidad del primer capítulo es ofrecer un panorama global de la situación tal y como ha evolucionado en los últimos cinco años, prestando especial atención a las características «nuevas», «menos conocidas» o «imprevistas» que se desprenden de los datos y los capítulos que figuran a continuación.

Empezaremos examinando brevemente el estado del sistema de apoyo a la ciencia en el contexto del largo periodo de rápido crecimiento económico en todo el mundo, que duró de 1996 a 2007 y no ha tenido precedentes en la Historia. Los motores de esta «racha de crecimiento» fueron las nuevas tecnologías digitales y la aparición en el escenario mundial de un cierto número de grandes países.

La recesión económica mundial desencadenada por la crisis de los créditos hipotecarios de alto riesgo en los Estados Unidos de América en el tercer trimestre de 2008 puso fin de manera repentina y bastante brutal al fenómeno.

¿Qué efectos ha tenido esta recesión económica mundial en las inversiones en conocimiento? Antes de tratar de responder a

esta pregunta, observemos con más detenimiento algunas de las grandes tendencias que caracterizaron la pasada década.

En primer lugar y ante todo, el acceso fácil y barato a nuevas tecnologías digitales como la banda ancha, Internet y los teléfonos móviles ha acelerado la difusión de tecnologías basadas en las mejores prácticas, ha revolucionado la organización interna y externa de la investigación y ha facilitado la implantación en el extranjero de centros de investigación y desarrollo (I + D) de las empresas (David y Foray, 2002).

Sin embargo, no es solamente la propagación de las tecnologías digitales de información y comunicación (TIC) lo que ha inclinado la balanza en favor de unas reglas de juego más transparentes y uniformes<sup>1</sup>. El número de miembros cada vez mayor de marcos institucionales mundiales tales como la Organización Mundial del Comercio (OMC), que regula los flujos internacionales de conocimientos sobre comercio, inversión y derechos de propiedad intelectual, y el ulterior desarrollo de estas instituciones, han acelerado también el acceso al conocimiento crítico. China, por ejemplo, no se adhirió a la OMC hasta diciembre de 2001.

Ahora en el juego intervienen formas muy variadas de transferencia de tecnología incorporadas a la organización y el capital, entre las que se cuentan la inversión extranjera directa (IED), las licencias y otros medios formales e informales de difusión del conocimiento.

En segundo lugar, los países han recuperado terreno rápidamente tanto en crecimiento económico como en inversión en conocimientos, como revelan las inversiones en educación terciaria e I + D. Esto se refleja en el número creciente de licenciados en ciencia e ingeniería.

La India, por ejemplo, ha decidido abrir 30 nuevas universidades, con lo que el número de estudiantes matriculados pasará de menos de 15 millones en 2007 a 21 millones en 2012. Además, los grandes países en desarrollo

<sup>1</sup> Esto no significa que todos los jugadores tengan las mismas probabilidades de éxito, sino que ha aumentado el número de los que observan las mismas reglas de juego.

emergentes como Brasil, China, India, México y Sudáfrica han incrementado su gasto en I + D. Esta tendencia puede observarse también en las economías en transición de la Federación de Rusia y algunos países de Europa Oriental y Central, cuyos niveles de inversión están regresando gradualmente a los de la ex Unión Soviética.

En algunos casos, el aumento del gasto interno bruto en I + D (GBID) ha sido una consecuencia del vigoroso crecimiento económico y no un reflejo de la mayor intensidad de I + D. En Brasil y la India, por ejemplo, la relación GBID/PIB ha permanecido estable, mientras que en China aumentó en un 50% desde 2002, hasta alcanzar el 1,54% (2008).

De modo análogo, la disminución de la relación GBID/PIB en algunos países africanos no es sintomática de una dedicación menor a la I + D, sino que simplemente refleja una aceleración del crecimiento económico imputable a la extracción de petróleo (en Angola, Guinea Ecuatorial, Nigeria, etc.) y otros sectores de baja densidad de I + D. Aunque cada país tiene diferentes prioridades, el afán de recuperar rápidamente el terreno perdido es irresistible y ha impulsado el crecimiento económico mundial hasta el nivel más alto del que haya constancia histórica.

En tercer lugar, los efectos de la recesión global en el mundo posterior a 2008 todavía no aparecen en los datos sobre I + D, pero es evidente que la recesión ha puesto en entredicho por primera vez los viejos modelos de comercio y crecimiento Norte-Sur, basados en la tecnología (Krugman, 1970; Soete, 1981; Dosi et al., 1990). De modo creciente, la recesión económica mundial parece desafiar el predominio científico y tecnológico de Occidente. Mientras que Europa y los Estados Unidos de América pugnan por zafarse de las garras de la recesión, empresas de economías emergentes como Brasil, China, India y Sudáfrica experimentan un crecimiento interno sostenido y ganan puestos en la cadena de valor.

Estas economías emergentes, que en su día fueron receptoras de la externalización de las actividades manufactureras, han pasado a la fase de desarrollo autónomo de la tecnología de los procesos, la creación de productos, el diseño y la investigación aplicada. China, la India y otros pocos países asiáticos, junto con

algunos Estados del Golfo Árabe, han combinado una política tecnológica nacional con objetivos precisos con el intento resuelto –y logrado– de mejorar la investigación universitaria en breve plazo. Con esta finalidad, estos países han utilizado hábilmente incentivos monetarios y no monetarios y han introducido reformas institucionales. Aunque los datos no son fáciles de obtener, es bien sabido que en los cinco últimos años muchos dirigentes de universidades estadounidenses, australianas y europeas han recibido ofertas de trabajo, con grandes presupuestos de investigación, en universidades en rápido crecimiento de países del Asia Oriental.

En resumidos términos, el logro de un crecimiento basado en la utilización intensiva de conocimientos ya no es una exclusiva de las naciones altamente desarrolladas de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), como tampoco lo es de la formulación de políticas nacionales. La creación de valor depende cada vez más del mejor uso del conocimiento, cualesquiera que sean el nivel, la forma o el origen del desarrollo: creación nacional de nuevos productos y tecnologías de los procesos, o bien reutilización y combinación innovadora de conocimientos de otras procedencias. Esto es lo que ha ocurrido con la manufactura, la agricultura y los servicios en los sectores tanto público como privado. Sin embargo, al mismo tiempo hay indicios sorprendentes de la persistencia –y el aumento incluso– de la distribución desigual de la investigación y la innovación a nivel mundial. Aquí ya no estamos comparando países, sino regiones dentro de los países. La inversión en I + D parece seguir concentrada en un número relativamente reducido de lugares de un país determinado<sup>2</sup>. Por ejemplo, en el Brasil el 40% del GBID se efectúa en la región de Sao Paulo. En la provincia de Gauteng, en Sudáfrica, esta proporción llega al 51%.

### **Tendencias del capital humano: dentro de poco China contará con el mayor número de investigadores**

Pasemos ahora a considerar otro sector básico de los insumos de la I + D: las tendencias en el número de investigadores. Como puede verse

<sup>2</sup> Un análisis más detallado de la especialización a nivel regional dentro de los países puede encontrarse en el Informe Mundial sobre el Conocimiento (de próxima aparición) publicado por UNU-Merit.

en el Cuadro 2, China está a punto de superar a los Estados Unidos y la UE en el número de investigadores. Cada uno de estos tres gigantes tiene alrededor del 20% de los investigadores mundiales. Si añadimos el porcentaje del Japón (10%) y el de Rusia (7%), veremos que los investigadores están extremadamente concentrados: los "Cinco Grandes" representan alrededor del 35% de la población mundial pero tienen las tres cuartas partes de los investigadores. En cambio, un país tan poblado como la India sólo representa el 2,2% del total mundial, y los continentes de América Latina y África apenas el 3,5% y el 2,2% respectivamente.

Aunque la proporción de investigadores del mundo en desarrollo pasó del 30% en 2002 al 38% en 2007, dos tercios de este crecimiento son imputables a China exclusivamente. Los países forman a muchos más científicos e ingenieros que antes, pero a los licenciados les es difícil encontrar empleos cualificados o condiciones de trabajo atractivas en sus países. De resultas de ello, la migración de investigadores altamente cualificados del Sur al Norte fue un rasgo característico del pasado decenio. Un informe de 2008 de la Parliamentary Office del Reino Unido citaba datos de la OCDE, según los cuales de los 59 millones de migrantes que vivían en los países de la OCDE, 20 millones poseían cualificaciones superiores.

## CONCLUSION - MENSAJES PRINCIPALES

¿Qué conclusiones cabe extraer del análisis precedente?

En primer lugar y ante todo, sigue llamando la atención la disparidad en los niveles de desarrollo entre países y regiones. En 2007 se calculaba que la renta per cápita en los Estados Unidos era en promedio 30 veces mayor que en el África subsahariana. Las diferencias en las tasas de crecimiento económico se han agravado con el paso de los años, conduciendo a un fenómeno de "divergencia en grande" entre los niveles de renta de países ricos y pobres en el último siglo y medio. A finales del siglo XIX, por ejemplo, se consideraba que Nigeria sólo estaba una década por detrás del Reino Unido en cuanto a desarrollo tecnológico. El origen de esta divergencia en el crecimiento económico se puede hallar en los niveles dispares de inversión en conocimiento a lo largo de periodos dilatados. Todavía hoy, los Estados Unidos de

América invierten más en I + D que los demás países del G-7 juntos. También cuatro de cada cinco de las mejores universidades del mundo se encuentran en suelo estadounidense.

Durante el decenio pasado se ha alterado ese panorama, en gran medida gracias a la proliferación de las TIC digitales, que han hecho que se pueda acceder al conocimiento codificado desde todo el mundo. Es verdad que algunos de los primeros recién llegados, como la República de Corea, han experimentado desde el siglo XX un acercamiento progresivo e incluso un adelantamiento con respecto a otros países, al desarrollar primero su capacidad industrial y después su ciencia y su tecnología. Pero otros, como China, el Brasil o la India, han iniciado un nuevo proceso de convergencia por tres vías, simultáneamente en las esferas industrial, científica y tecnológica.

El resultado es que en los últimos cinco años, el periodo tratado en el presente *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia*, se ha empezado realmente a cuestionar el liderazgo tradicional de los Estados Unidos. La recesión de la economía mundial ha acelerado el proceso, aunque todavía sea demasiado pronto para que los datos lo reflejen plenamente. Los Estados Unidos han salido más perjudicados que el Brasil, China o la India, lo que ha permitido a estos tres países avanzar más deprisa de como lo habrían hecho en otras condiciones. Además, y según se pone de relieve en los capítulos dedicados a China y la India, parece inminente una ruptura estructural en la pauta de la contribución del conocimiento al crecimiento a nivel de la economía mundial.

Reflejo de ello es también la llegada al escenario mundial de grandes empresas multinacionales nacidas en países emergentes, que están entrando en una amplia gama de sectores, desde las industrias maduras como la siderurgia, la fabricación de automóviles y los bienes de consumo, hasta las industrias de alta tecnología como la farmacéutica y la aeronáutica. Cada día es más frecuente que las empresas de esas economías emergentes se valgan de fusiones y adquisiciones transfronterizas para hacerse con conocimientos tecnológicos de un día para otro.

(Extracto del *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia 2010. El estado actual de la ciencia en el mundo*).



## INFORME DE LA UNESCO SOBRE LA CIENCIA 2010

El presente resumen se ha extraído del primer capítulo del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia, 2010. El resumen ha sido impreso como suplemento en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso.

### ÍNDICE:

#### Prefacio

*Irina Bokova, Directora General de la UNESCO*

Capítulo 1 La importancia creciente del conocimiento para la economía mundial

*Hugo Hollanders y Luc Soete*

Capítulo 2 Estados Unidos de América

*J. Thomas Ratchford y William A. Blanpied*

Capítulo 3 Canadá

*Paul Dufour*

Capítulo 4 América Latina

*Mario Albornoz, Mariano Matos Macedo y Claudio Alfaraz*

Capítulo 5 Brasil

*Carlos Henrique de Brito Cruz y Hernan Chaimovich*

Capítulo 6 Cuba

*Ismael Clark Arxer*

Capítulo 7 Países de la CARICOM

*Harold Ramkissoo e Ishenkumba Kahwa*

Capítulo 8 Unión Europea

*Peter Tindemans*

Capítulo 9 Europa- Sudoriental

*Slavo Radošević*

Capítulo 10 Turquía

*Sirin Elci*

Capítulo 11 Federación de Rusia

*Leonid Gokhberg y Tatiana Kuznetsova*

Capítulo 12 Asia Central

*Ashiraf Mukhammadiev*

Capítulo 13 Estados árabes

*Adnan Badran y Moneef R. Zou'bi*

Capítulo 14 África subsahariana

*Kevin Urama, Nicholas Ozor, Ousmane Kane y Mohamed Hassan*

Capítulo 15 Asia Meridional

*Tanveer Naim*

Capítulo 16 Irán

*Kioomars Ashtarian*

Capítulo 17 India

*Sunil Mani*

Capítulo 18 China

*Mu Rongping*

Capítulo 19 Japón

*Yasushi Sato*

Capítulo 20 República de Corea

*Jang-Jae Lee*

Capítulo 21 Asia Sudoriental y Oceanía

*Tim Turpin, Richard Woolley, Patarapong Intarakumnerd y Wasantha Amaradasa*

Anexos

Anexo estadístico

## ACTIVIDADES DE OTRAS INSTITUCIONES

### Julio 01:

Tuvo lugar la Ceremonia por el sexagésimo tercer aniversario del Instituto Geofísico del Perú, contó con la conferencia magistral a cargo del Ministro del Ambiente Dr. Antonio Brack y se realizó la presentación del primer número del Boletín del IGP y del libro “Cambio Climático en la Cuenca del Río Mantaro” a cargo del Director de Prevención de Desastres Naturales del IGP Dr. Ken Takahashi.

### Julio 06:

188 aniversario de fundación institucional y el 57 aniversario de la sede de La Cantuta de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle; la ceremonia central tuvo lugar el lunes 05 de julio en su auditorio principal con la entrega de la Medalla “La Cantuta” por parte de su Rector Dr. Juan Tutuy Aspauza a dos ilustres maestros de su institución, los Drs. Álvaro Villavicencio Whitembury, y César Carranza Saravia, académico titular y vocal de la ANC; en reconocimiento a su notable contribución a la educación.

### Agosto 23-28:

Se celebró los 50 años de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería con diferentes actividades académicas en las cuales participaron profesores, egresados y estudiantes; se otorgaron los siguientes grados honoríficos: Doctor Honoris Causa a los Drs. Ronald Woodman, Vicepresidente de la ANC y Fernando Ponce, miembro correspondiente de la ANC.

Profesor emérito: A los doctores Jorge Sotomayor, César Carranza y José Reategui, antiguos miembros del Instituto de Investigación en Matemática (IMUNI), organismo que funcionó con éxito entre 1962 y 1968.

### Setiembre 15:

El presidente del Directorio de la Derrama Magisterial, el Rector de la Universidad Antonio

Ruiz de Montoya y el Director de la Oficina Regional de Lima de la Organización de Estados Iberoamericanos presentaron el libro “La enseñanza de las Ciencias Naturales reflexiones y estrategias pedagógicas” en el auditorio de la Derrama Magisterial; los comentarios estuvieron a cargo del Dr. Benjamín Marticorena, el Dr. José Ignacio López Soria y el Prof. Jorge Jaime Cárdenas.

### Setiembre 22:

El Presidente a.i. de la Sociedad Geográfica de Lima Zaniel Novoa y el Jefe Científico de la Expedición Científico Exploratoria Polaca-Americana-Peruana Jerzy Majcherczyk presentaron el libro “Colca-Condor 2008-2009 Informe Final”, los comentarios estuvieron a cargo de la profesora de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la PUCP Mag. Miriam Nagata.

### Octubre 14-16:

Tuvo lugar en Chaclacayo el Encuentro Nacional “Articulación y Armonización de las medicinas, hacia una medicina integrativa” organizado por el Comité de Medicina Tradicional, Alternativa y Complementaria del Colegio Médico del Perú.

### Octubre 14-16:

Se realizó el XXV Congreso Peruano de Química “Ing. Quím. M.Sc. Dionisio Ugaz Mont” organizado por la Sociedad Química del Perú en su local institucional en Lima; la inauguración tuvo lugar el 13 de octubre en el auditorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú; se publica en página siguiente la remembranza del Ing. Quím. Ugaz Mont por la Química Isable Díaz Tang, Coordinadora Académica, Instituto de Corrosión y Protección (ICP-PUCP).

### Octubre 20:

El Ministro de Cultura Juan Ossio Acuña y el Presidente de la Asociación Educacional Antonio Raimondi Geri Ciabatti Salocchi inauguraron en el Museo de Arte Italiano la exposición y

presentación del libro “Flora perpetua. Arte y ciencia botánica de Antonio Raimondi”; los comentarios estuvieron a cargo del Ministro del Ambiente Antonio Brack Egg; la muestra estará hasta marzo del 2011.

#### Octubre 20:

En el 61 aniversario de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura, la Oficina Regional de Lima realizó la presentación del “Observatorio Peruano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Sociedad” que promueve el Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI y la Alianza Estratégica de Universidades del Perú; y del libro “Percepción de los jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica en Lima Metropolitana”.

#### Octubre 20-22:

La Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Ancash por el XXXII Aniversario de la creación de la Facultad de Ingeniería Civil invitó al Dr. César Carranza para que ofreciera la clase magistral del recuerdo a los egresados de dicha Facultad en la ceremonia central del aniversario, y le otorgó la distinción de doctor Honoris Causa en su calidad de fundador y primer presidente de la Comisión Organizadora y de Gobierno de la UNASAM.

#### Noviembre:

La Universidad Ricardo Palma firmó convenios con el Instituto de Patología e Imonología Molecular da Universidade do Porto, Portugal para trabajar en Investigación en el área de Genómica; y con el International Centre for Theoretical Physics en Trieste-Italia, para entrenamiento en cursos avanzados cortos de Física o Matemáticas y de Ingeniería, Química o Biología relacionados con Física o Matemáticas.

#### Noviembre 08:

La Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura, Oficina Regional de Lima y su Centro de Altos Estudios Universitarios presentaron el libro “Emergencia de la Ciencia, Tecnología e Innovación

en el Perú” elaborado por Fernando Villarán con aportes de científicos e instituciones vinculadas a la CTI en el Perú.

Los comentarios estuvieron a cargo de Francisco Sagasti, experto internacional en CTI; Juan Incháustegui, presidente del Consejo Directivo de TECSUP; Ronald Woodman, presidente ejecutivo del IGP y vicepresidente de la ANC; Augusto Mellado, presidente del CONCYTEC y Ricardo Briceño, presidente de CONFIEP.

#### Diciembre:



La Universidad Peruana Cayetano Heredia rindió homenaje a la brillante y destacada labor del biólogo peruano Abraham Vaisberg Wolach, académico titular de la ANC, al poner su nombre al Laboratorio de Investigación y Desarrollo, el más moderno del país.

#### Diciembre:

La Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) recibió la acreditación internacional con mención en Investigación de parte del Instituto Internacional para el Aseguramiento de la Calidad, que forma parte del Centro Interuniversitario de Desarrollo, CINDA.

#### Diciembre 09:

Tuvo lugar la ceremonia de entrega del Premio Southern-Perú Medalla Cristóbal de Losada y Puga 2010 a la creatividad humana al Dr. Eduardo Gotuzzo Herencia; la entrega del premio estuvo a cargo del Presidente Ejecutivo de Southern Copper-Perú Ing. Óscar González Rocha, y la entrega del diploma y la medalla por el Vicerrector Académico de la PUCP Dr. Efraín Gonzáles de Olarte.

## ACTIVIDADES DE OTRAS INSTITUCIONES 2010

**EL LEGADO DEL ING. DIONISIO UGAZ MONT, MSc.**

Prof. Isabel Díaz Tang

Coordinadora Académica, Instituto de Corrosión y Protección (ICP-PUCP)

*(Discurso leído durante la Ceremonia de Inauguración del XXV Congreso Peruano de Química "Ing. Dionisio Ugaz Mont MSc.", 13 de Octubre de 2010, Auditorio de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú)*

*"Es un gran honor haber recibido la invitación de la Directiva de la Sociedad Química del Perú y se me permita dirigirme a Uds. durante la Ceremonia de Inauguración del XXV Congreso Peruano de Química para hacer una breve reseña del legado que dejara el Ing. Dionisio Ugaz Mont a quienes fuimos sus alumnos, sus asesorados, sus colegas y, queremos pensar que sus amigos, de la especialidad de Química de la Pontificia Universidad Católica del Perú.*

*Nunca le preguntamos al Ing. Ugaz cuál era su edad, pero sabíamos que había nacido un 1° de Julio (hoy sabemos que fue en 1932) y que era trujillano. También sabíamos que había estudiado Ingeniería Química en la Universidad Nacional de Trujillo y luego en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima, pero no que se había graduado ostentando el primer puesto de su promoción, en el año 1960. Y sabíamos que había obtenido el grado de Magíster en Ciencias con mención en Fisicoquímica en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores (el TEC) de Monterrey (México), pero no que había obtenido un reconocimiento especial por su excelente rendimiento académico, y menos aún, que había rechazado la invitación de dicha casa de estudios para continuar su carrera docente allí, para, en cambio, volver en 1968 a su alma máter.*

*Así era el Ing. Ugaz... Reservado con sus éxitos y asuntos personales... Sin embargo, quienes le conocimos, sabemos que no podía ocultar su satisfacción cuando se trataba de logros obtenidos por el esfuerzo de grupos – que él solía motivar y dirigir.*

*Ingresé a la Facultad de Química de la PUCP en el año 1979, casi 10 años después de que el*

*Ing. Ugaz empezase a trabajar como profesor del área de Fisicoquímica de esa Universidad.*

*A quienes no estén familiarizados con esta "verdad universal", debo aclarar que los cursos de Fisicoquímica constituyen, por regla general, "el cuco" del plan de estudios de la especialidad de Química. Y él fue profesor de todos los cursos de Fisicoquímica (que, en esa época, eran cinco). Ahora pienso que al Ing. Ugaz le divertía mucho reforzar esta imagen aterradorante, mostrándose siempre muy serio durante las clases, cuando los alumnos hacíamos preguntas (si nos atrevíamos), y durante los exámenes (allí generalmente no nos atrevíamos)... y sólo le veíamos esbozar una sonrisa cuando devolvía los exámenes y nos mostraba en qué nos habíamos equivocado...*

*Él fue un excelente profesor en el sentido "clásico", cuyo estilo de enseñanza en esta época de "ejes transversales", de "reforzamiento de autoestima del alumno", y del "alumno-rey", quizás pudiese ser calificado como controvertido, pero que sólo puede ser considerado como exitoso, si se tiene en cuenta las numerosas generaciones de químicos de la PUCP que, no sólo le debemos a él el abrir nuestras mentes al razonamiento científico y al desarrollo de la suficiencia profesional, sino en muchos casos –como el mío– el haber escogido como área de especialidad, justamente, la Fisicoquímica.*

*En la época de estudiante se suele prestar poca atención a quiénes son las autoridades de la universidad o la importancia que revisten dichos cargos... Quizás pueda notarse en el*



*cambio de actitud que adquieren algunas personas cuando van escalando en la línea jerárquica... El trato que dispensaba el Ing. Ugaz a quienes le rodeábamos siempre fue el mismo: cuando fue Coordinador (varias veces) de la Sección Química, cuando fue Decano de Estudios Generales Ciencias, cuando fue elegido Jefe del Departamento de Ciencias, o miembro de la Asamblea Universitaria...El Ing. Ugaz fue pues, también, un caballero.*

*No puedo decir que “tuve la suerte” de acompañar al Ing. Ugaz en muchos de sus emprendimientos, porque no fue el azar lo que me condujo a ello... Fue él quien me convenció –como solía suceder cuando él estaba decidido a algo, a veces con mucha oposición inicial de mi parte– de tomar parte en la gestión o el desarrollo de proyectos dirigidos a difundir la Química y la Fisicoquímica y a hacerlas accesibles a las mayorías con menores recursos. Él era el visionario, el idealista, el gestor.*

*Organización de Congresos de Química, creación y organización de las primeras (y únicas) Jornadas Peruanas de Fisicoquímica, dirección de secretarías y comisiones de la Sociedad Química del Perú, coordinación de Congresos Nacionales de Corrosión, y – uno de sus logros más preciados – la creación y la presidencia de la Asociación Peruana de Facultades y Escuelas de Química e Ingeniería Química del Perú (APFEIQ), son algunas de estas “aventuras” que él emprendió y condujo exitosamente con contagiante entusiasmo.*

*Aprendí muchísimo con el Ing. Ugaz –como alumna, como asesorada, como colaboradora y como colega– y me alegra enormemente haber compartido tantas experiencias que –“a no dudarlo”, como solía decir él– han contribuido de manera fundamental en mi desarrollo profesional.*

*Cuando uno se inicia en el ejercicio de su profesión es normal que surjan dudas acerca de las prioridades, entre la vida personal o*

*familiar y las responsabilidades académicas o laborales. El Ing. Ugaz lo tenía muy claro y, aun con la exigencia y el culto a la perfección que caracterizaban su accionar, él inculcó: “La familia es lo primero”. Si antes dije que el Ing. Ugaz sólo sonreía abiertamente cuando nos “pescaba” errores en los exámenes, ahora debo agregar: “...y cuando estaba con su familia”. Con su familia consanguínea y con su familia de la Sección Química de la PUCP. Hemos vivido entrañables momentos con él, durante nuestros tradicionales almuerzos de Navidad; divertidos, viéndolo cocinar su famoso “cebiche”, y emocionados, compartiendo su alegría por los diversos reconocimientos de que fuera objeto en vida.*

*Fue prematura su partida.*

*Nos sorprendió pensando qué actividad podíamos organizar como muestra de reconocimiento a su larga y fructífera trayectoria en la PUCP, al haber él apenas pasado a condición de retiro y nos conmueve pensar que él haya podido sentir que no había dejado la huella que, de hecho dejó.*

*Nos dejó reflexionando en cuál es el sentido de una vida dedicada a otros, si es posible que no tengamos tiempo de disfrutar viendo crecer sus frutos.*

*Hoy parecen asomar algunas respuestas. Quien fue maestro, lo es por siempre. Las grandes obras, perduran por siempre.*

*Hoy se inicia un nuevo Congreso Peruano de Química que, con toda justicia, lleva su nombre. Que todas las actividades que tengan lugar con este marco constituyan el homenaje que le rinden los químicos del Perú y que su ejemplo nos motive a perseverar en el esfuerzo, en la integridad, en la solidaridad, y en la búsqueda del conocimiento”.*

## IN MEMORIAN

### **JOSÉ REÁTEGUI CANGA**

Celendín, 1926 - Lima, 2010

Recientemente ha fallecido el doctor José Reátegui Canga, distinguido matemático peruano, quien se desempeñó como catedrático en universidades nacionales, privadas y extranjeras dejando huella de su extraordinaria capacidad académica y humana.

El profesor Reátegui nació en Celendín, el 12 de julio de 1926. Estudió la primaria en Iquitos y la secundaria en el colegio Nuestra Señora de Guadalupe, donde fue galardonado con la Medalla de Oro por ocupar el primer puesto de su promoción (G-44).

En 1945 ingresa, en el primer puesto, a la entonces Escuela de Ingenieros en la especialidad de ingeniería civil. Allí conoce al doctor José Tola Pasquel, quien al descubrir sus grandes dotes para la matemática lo invitó a estudiar en la Escuela Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. En 1950 obtiene el título de ingeniero civil en la Escuela de Ingenieros y, además, se gradúa de bachiller y luego doctor en Ciencias Matemáticas en San Marcos.

Su carrera docente se inicia cuando aún era estudiante de ingeniería, como ayudante de cátedra y luego en San Marcos en 1951. La UNI lo designó decano de la Facultad de Ciencias, además se desempeñó como profesor del Instituto de Verano.

Su inquietud por la matemática lo llevó a estudiar posdoctorado en el Instituto Henry Poincaré de la Sorbona en París y luego en la Universidad de Estrasburgo, Alsacia, Francia, entre 1961 y 1962. Por su destacada labor académica, fue profesor invitado de la Universidad de Berkeley, California, EE.UU.

Durante un año, luego fue contratado por el BID como profesor visitante de la Universidad de Panamá para crear la escuela de posgrado en la Facultad de Matemática, allí permaneció cuatro años.

Posteriormente, a invitación del doctor Francisco Miró Quesada Cantuarias, fue profesor principal de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Lima.

Por su brillante trayectoria académica, San Marcos le otorgó el título de profesor honorario en 1997 y la UNI le confirió el de profesor emérito en el 2010.

En su vida académica dictó diversas conferencias con Miró Quesada Cantuarias. También publicó textos de matemática y ejerció la docencia en la Universidad Tecnológica del Perú.

En el artículo "San Marcos, como en los viejos tiempos" publicado en El Comercio por Miró Quesada Cantuarias se lo menciona entre los matemáticos más ilustres, junto a Federico Villarreal, Godofredo García, José Tola, y Gerardo Ramos.

Cabe destacar que Reátegui no solo fue un distinguido profesor y matemático, sino que también un esposo y padre amoroso, ejemplar para su familia y amistades que tuvimos la oportunidad de conocerlo y tratarlo como sus alumnos y amigos.

"Los números como vocación"  
Hugo Lázaro Manrique, Matemático  
Publicado en el diario "El Comercio" p. A-4,  
Lima 13 de enero del 2010

**EMILIO PICÓN REÁTEGUI**

(1925 - 2011)

El Dr. Picón Reátegui se graduó de médico en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos con una tesis sobre hematología de la madre en parto, que demostró su interés inicial en los estudios de biología andina que lideraban el profesor Carlos Monge y Alberto Hurtado. Su inclinación inicial fue hacia la hematología que la practicó al lado del profesor César Merino, a su vez discípulo de Hurtado.

El año 1950 Picón Reátegui fue becado por la Fundación Rockefeller para adiestrarse en el campo de la nutrición, lo cual hizo primero en el Instituto de Nutrición de Centro América con Nevin Scrimshaw y después en las Universidades de California en Berkeley y de Vanderbilt en Nashville, a su retorno al Perú se dedicó a tiempo completo a la Universidad en el Instituto de Biología Andina, donde desarrolló importantes investigaciones acerca de la nutrición en los mineros de los Andes Centrales del Perú, con énfasis en el estudio del metabolismo de los hidratos de carbono.

Constituyen un clásico de los estudios endocrinológicos sobre la altura los realizados por Picón en nativos normales en los cuales practicó las pruebas de tolerancia a la glucosa, insulina, epinefrina y también al glucagón, en todos los cuales encontró diferentes respuestas cuando se comparaban a sujetos que él mismo realizó en nivel del mar.

La Cátedra Alberto Hurtado a mi cargo, tienen la correspondencia que el profesor sostuvo con sus discípulos, así se encuentran doce cartas de Picón a Hurtado y algunas respuestas del maestro, que señalan su claridad de pensamiento al orientar los estudios de post grado de Picón; así, le recomendó familiarizarse con los nuevos procedimientos de laboratorio, incluyendo el uso de radioisótopos que lo hizo en Berkeley con Lawrence; las determinaciones de vitaminas y procedimientos separatorios como la electroforesis que se aplica a las proteínas y también a los lípidos.

La lectura de la correspondencia mencionada revela una estrecha relación discipular, y una ilusión por retornar al Perú, para aplicar los conocimientos adquiridos en el flamante laboratorio de Morococha a 4500 m.s.n.m., que con la ayuda del gobierno había logrado construir el Profesor Hurtado; este lugar que después se hizo clásico en los estudios de altura desaparecerá próximamente junto con la ciudad de Morococha, por la nueva explotación del mineral a tajo abierto.

Esta relación entre Picón y Hurtado se interrumpió con el cisma de 1961 que dio nacimiento a la UPCH y al IIA, que aún continúa la tarea; igual sucedió con otros discípulos de Hurtado como Tulio Velásquez y César Reynafarje, quienes optaron por quedarse en San Marcos, pero mantuvieron su respeto y afecto a Hurtado, su profesor y mentor.

Es de destacar de la obra de Picón Reátegui su esfuerzo como editor de "Archivos de Biología Andina, publicación de buen contenido científico, que permite apreciar la obra pionera de esa institución durante treinta años; lamentablemente esta revista ha interrumpido su publicación.

Fue Picón, hombre de pocas palabras, casi huraño, pero de trabajo eficiente y auténtico; no tuvo discípulos que le sucedieran en sus investigaciones, lo cual es lamentable.

La noticia de su desaparición la leí en un aviso de la Universidad San Marcos, junto con otras desapariciones de profesores de esa institución. Creo que Picón Reátegui merece un homenaje de la Universidad, al cual se sumará la Academia Nacional de Ciencias que lo considera un buen científico.

RGG

---

Este boletín  
se terminó de imprimir en los  
talleres gráficos de:  
Dist. Imp. Edit. Lib. MOSHERA S.R.L.  
en el mes de Enero del 2011  
con un tiraje de 1000 ejemplares  
Lima - Perú

---

Distribuidora, Imprenta, Editorial, Librería  
**MOSHERA S.R.L.**

Jr. Tacna 2975 - Lima 31

**Telefax: 567-9299**

e-mail: [editorialmoshera@hotmail.com](mailto:editorialmoshera@hotmail.com)



