

## **Apuntes sobre ciencia y tecnología:**

### **Conceptos, relaciones institucionales y avances mundiales**

**Modesto Montoya**

**CEPRECYT**

Primera edición: Lima, abril del 2000

© 2000 Modesto Montoya  
Lima, Perú

Ediciones CEPRECYT  
Centro de Preparación para la Ciencia y la Tecnología  
Juan de la Fuente 541, San Antonio, Miraflores, Lima Perú

Teléfono 965-7402  
E-mail: [mmontoya@ceprecyt.edu.pe](mailto:mmontoya@ceprecyt.edu.pe)  
URL: <http://ekeko.rcp.net.pe/ceprecyt>

# **Apuntes sobre ciencia y tecnología: Conceptos, relaciones institucionales y avances mundiales**

## **Contenido**

### **Presentación**

#### **1 La investigación científica y tecnológica en el Perú: Estado, Universidad y Empresa**

##### **1.1 Productos de la ciencia y la tecnología**

###### **1.1.1 Conocimientos científicos**

###### **1.1.2 Conocimiento tecnológico**

###### **1.1.3 Producto tecnológico**

##### **1.2 Competitividad**

##### **1.3 Investigación tecnológica**

##### **1.4 Interacción entre la ciencia y la tecnología**

##### **1.5 Ciencia y Tecnología en la Universidad**

##### **1.6 Ciencia y tecnología en la Empresa**

##### **1.7 Colaboración entre la Universidad y la Empresa**

##### **1.8 Participación del Estado en la investigación científica y tecnológica**

#### **2 Ciencia, Tecnología e Industria para el año 2 000 en el Perú:**

##### **Evolución de la Ciencia y la Tecnología en los 90s**

###### **2.1 Energía**

###### **2.2 Minería**

###### **2.3 Metalurgia**

###### **2.4 Agroindustria**

###### **2.5 Industria química farmacéutica**

###### **2.6 Biotecnologías**

- 2.7 Electrónica y telecomunicaciones**
- 2.8 Geofísica**
- 2.9 Informática**
- 2.10 Universidad**
- 2.11 Industria**
- 2.12 Los institutos multidisciplinarios de ciencia y tecnología**
- 2.13 Rol del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**
- 2.14 Motivos para una Ley de Promoción de la inversión en desarrollo tecnológico**
- 2.15 El papel del potencial humano en ciencia y tecnología**
- 2.16 Comisión de Política Científica y Tecnológica (COMPOLCYT) de la CONFIEP**
- 2.17 Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología**
- 2.18 Centro de Preparación para la Ciencia y la Tecnología**
- 2.19 Conclusiones**

### **3 Los temas de investigación en países desarrollados**

- 3.1 Introducción**
- 3.2 Evolución de la vida**
- 3.3 Ingeniería genética**
- 3.4 Cerebro**
- 3.5 Medicina**
- 3.6 Vida animal**
- 3.7 Medio Ambiente y ecología**
- 3.8 Cosmología**
- 3.9 Física de partículas**
- 3.10 Física atómica y nuclear**
- 3.11 Geofísica**
- 3.12 Carrera espacial**
- 3.13 Telecomunicaciones**
- 3.14 Ciencia de materiales y dispositivos**
- 3.15 Matemáticas y Simulación**
- 3.16 Otros aspectos de la ciencia y la tecnología**

## **Presentación**

Este trabajo es la expresión de las preocupaciones del autor por el virtual estancamiento de la ciencia y la tecnología en el Perú. El libro se presenta en tres partes. La primera se refiere a los conceptos generales sobre la ciencia, la tecnología, la relación entre la investigación científica y las aplicaciones tecnológicas, la formación de equipos de investigadores y los mecanismos de colaboración interinstitucional. Una necesidad permanente es la colaboración entre la Universidad y la Empresa y la participación del Estado como promotor del desarrollo científico y tecnológico.

En 1989 se llevó a cabo el simposio “Ciencia, Tecnología e Industria para el año 2000”. En la segunda parte del libro se analiza las conclusiones de ese simposio y sus proyecciones son contrastadas con lo acontecido en los años noventa, en los sectores de la agricultura, minería, energía, salud, educación e industria, entre otros. En la última década del siglo XX, se resalta el ingreso decidido de la Confederación de Instituciones Empresariales Privadas (CONFIEP) al ámbito promotor de la ciencia y la tecnología, creando la Comisión de Política Científica y Tecnológica (COMPOLCYT). Un hecho trascendental ocurrido en esa década ha sido la creación de Comisión de Ciencia y Tecnología en el Congreso de la República, la que ha intentado la dación de una ley de promoción de la inversión privada en la investigación científica y tecnológica. En ese mismo período han sido notorios los esfuerzos de la Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología (SOPECYT) por lograr una ley que promueva la dedicación de ingenieros y científicos a la investigación. En el campo

educativo me permito destacar la creación del Centro de Preparación para la Ciencia y la Tecnología (CEPRECYT), cuya actividad principal es incentivar la creatividad científica y tecnológica entre los niños y la familia.

En la tercera parte del trabajo se presenta un resumen sobre los temas de investigación, en los diversos campos de la ciencia y la tecnología, cultivados en los países desarrollados. Los campos son muy variados, y van desde las aplicaciones de la biología molecular hasta los temas cosmológicos que tienen que ver con el origen y evolución del universo y la vida. Un tema transversal, desarrollado intensamente durante las dos últimas décadas, es la protección del medio ambiente, el que involucra todas las ciencias y las ingenierías.

Con los temas arriba señalados, el lector tendrá elementos de juicio para formar una visión de la ciencia y la tecnología en el país y compararla con la realidad mundial. Como consecuencia, se tendrá una proyección hacia el siglo XXI, el que se caracterizará por su contenido altamente científico y tecnológico.

# **1 La investigación científica y tecnológica en el Perú: Estado, Universidad y Empresa**

## **1.1 Productos de la ciencia y la tecnología**

La ciencia y la tecnología son campos tan estrechamente relacionados que siempre han avanzado juntos en la historia de la humanidad. Para dar una idea esquemática sobre el tema, podemos decir que la actividad científica y tecnológica produce los siguientes resultados: a) conocimientos científicos, b) conocimientos tecnológicos, c) productos tecnológicos.

### **1.1.1 Conocimientos científicos**

Los conocimientos científicos son aquellos que se refieren a las propiedades de la naturaleza, formalizados en modelos y teorías. La teoría de la relatividad, la teoría atómica y nuclear, debidamente comprobadas por la experimentación, son algunos ejemplos de sistemas coherentes de conocimientos científicos.

En principio, los conocimientos científicos no están relacionados con las eventuales aplicaciones. Por ejemplo, la teoría del big bang no tiene aplicación, pero hay numerosas evidencias de su validez, entre las que se tiene el llamado “fondo de radiación cósmica”. En cambio, la teoría nuclear, que se refiere a las

propiedades del núcleo atómico, tiene aplicaciones numerosas prácticas.

**Actividades científicas y tecnológicas.**– Son las actividades que contribuyen al mejoramiento de productos y servicios tecnológicos o en la obtención de conocimientos científicos.

**Investigación científica.**– La investigación científica es el trabajo metódico y sistemático que trata de obtener conocimiento científico. La investigación parte de un conocimiento previo de la naturaleza para mejorarlo o reemplazarlo por otro de mayor validez.

La investigación científica puede ser experimental o teórica. La *investigación experimental* se refiere a trabajos de laboratorio o de campo, en el que se realiza observaciones o mediciones sobre fenómenos naturales o provocados por el investigador. La *investigación teórica* se refiere al desarrollo de modelos matemáticos, los que son usados para calcular o predecir resultados de la experimentación experimental. El resultado de mayor valor de la investigación teórica es la teoría, la que está compuesta de una serie de conceptos y formulaciones matemáticas que permiten representar un sistema de la naturaleza y sus diversos comportamientos. La teoría de la gravedad, por ejemplo, es aquella que representa el espacio y sus propiedades. *Científico* es aquel que se dedica a realizar trabajos de investigación científica.

**Líneas y grupos de investigación.**– En la Universidad o institutos especializados existen *grupos de investigación*, los que siguen *líneas de investigación* establecidas generalmente por los investigadores de mayor antigüedad, o por los fundadores del grupo. Cada grupo va entonces reforzando su línea de investigación y sus miembros deben enriquecerse de experiencias de otros grupos que tienen la misma línea de investigación, generalmente en otros países.

En el país, la línea de investigación de un grupo nuevo es generalmente definida por un investigador que tiene experiencia en el extranjero, por lo que tiene relación con la línea que siguió en el laboratorio en que trabajó.

**Intercambio científico.**— El intercambio científico se realiza mediante la visita de un investigador proveniente de otro grupo. El investigador que va a un grupo en el marco del intercambio científico se le llama generalmente científico visitante o científico invitado. El *intercambio científico* es enriquecedor tanto para el grupo del cual el investigador visitante es originario como para el grupo anfitrión: el grupo anfitrión recibe nuevas ideas y técnicas y de regreso al grupo originario, el investigador lleva otras nuevas ideas y técnicas.

Generalmente, los grupos de investigación tienen comunicación permanente con grupos que siguen las mismas líneas de investigación, de modo que la intensidad del intercambio científico depende esencialmente de los recursos que cada grupo ha previsto para ello.

En algunos grupos de países en desarrollo se recibe investigadores visitantes financiados por organismos internacionales, como por ejemplo el Organismo Internacional de Energía Atómica. En este caso, a los investigadores visitantes se les llama *expertos*, entendiéndose como tal a alguien que viene a enseñar cosas nuevas a grupos que están en formación.

**Publicaciones científicas.**— El producto natural de la investigación científica es la publicación científica, en la que se informa sobre los resultados de la investigación. El artículo es sometido a un juicio de pares, quienes después del análisis deciden si es pertinente la publicación del trabajo. Un trabajo publicado es una contribución al conocimiento científico. En algunos casos, el artículo replantea la



forma de ver la disciplina, o bien presenta un descubrimiento inesperado, abriendo un nuevo campo de investigación, de modo que la comunidad científica se moviliza en torno a este campo para participar en su desarrollo. Los científicos autores del artículo son entonces invitados por otros grupos de investigación o por conferencias y congresos para difundir con mayor detalle la naturaleza de la investigación y el descubrimiento. Los científicos procesan el nuevo conocimiento y tienen desde entonces un nuevo punto de partida para continuar sus investigaciones.

Los investigadores científicos, pueden en cualquier momento, realizar comprobaciones de cualquier resultado científico que no les parezca completamente concluyente, comprobando o refutando el resultado inicial.

Cuando se ha publicado una serie de artículos que consolidan el conocimiento en determinado sector de una disciplina, un investigador de prestigio es invitado a presentar un artículo de revisión, donde se presenta en forma ordenada y sistémica los diversos avances realizados en ese sector.

Cuando los trabajos publicados son aceptados por toda la comunidad y no se presentan artículos que pongan en duda los resultados acumulados, el conocimiento pasa a integrar los textos universitarios y de colegios, esperando siempre que algún científico inconforme revolucione la disciplina y ponga en tela de juicio la visión que se tiene sobre esa disciplina.

Un ejemplo histórico al respecto es el representado por Albert Einstein, quien mostró que la mecánica clásica de Newton no era correcta, lo que se ponía en evidencia cuando las velocidades involucradas eran cercanas a la de la luz.

### **1.1.2 Conocimiento tecnológico**

El *conocimiento tecnológico*, llamada también tecnología, se refiere al conocimiento que permite realizar un servicio u obtener un bien que sirva para mejorar la calidad de vida del ser humano. El conocimiento tecnológico está constituido por un conjunto ordenado de técnicas para brindar el servicio u obtener el bien; y que otorga la competencia para seguir investigando o buscando innovaciones en el campo. El conocimiento tecnológico permite incrementar el propio conocimiento tecnológico.

La palabra tecnología se usa también junto al nombre del producto, especificando de esa forma el tipo de conocimiento al que se refiere. Por ejemplo, la tecnología del automóvil se refiere a los conocimientos necesarios para fabricar automóviles y a su continuo perfeccionamiento.

Por otro lado, la producción tecnológica tiene lugar en organizaciones empresariales, las cuales son cada vez más decisivas en las actividades humanas. El conocimiento que permite establecer organizaciones óptimas conforma la tecnología de organización, surgiendo entonces términos como las de ingeniería organizacional, ingeniería de sistemas u otros. Más aún, surge el término reingeniería, para referirse a un nuevo proceso productivo para reemplazar al anterior.

Hoy se usa la palabra tecnología para señalar actividades como la educación, dando lugar a la tecnología educativa, para referirse a los conocimientos utilizados en la enseñanza, los que requieren también equipos o instrumentos.

### **1.1.3 Producto tecnológico**

Un *producto tecnológico* es el bien o el servicio que resulta de aplicar el conocimiento tecnológico para satisfacer las necesidades de

los consumidores. Un automóvil es el producto de la tecnología del automóvil.

Un *servicio tecnológico* es el que brinda el poseedor de conocimientos tecnológicos para intervenir en la mejora de un proceso de productivo o de un servicio. Por ejemplo, una empresa puede ser especializada en pintura sobre metales, por lo que puede ser contratada para pintar aparatos electrodomésticos de una empresa que los produce, pero que no cuenta con el conocimiento de pintura ni un equipo investigador sobre el tema.

El producto tecnológico es colocado en el mercado para competir con otros productos. Sus probabilidades de éxito dependerán de la aceptación de los consumidores.

## 1.2 Competitividad

La *competitividad* de un producto tecnológico se mide por su capacidad de imponerse en el mercado, en competencia con otros productos similares. Después de la segunda guerra mundial, gracias a una metódica aplicación de conocimientos tecnológicos, Japón aumentó su influencia en la economía mundial, exportando sus productos tecnológicos de alta competitividad.

La palabra competitividad se hizo popular en EEUU después que en 1983 se estableció la Comisión de Competitividad Industrial que reportaba al Presidente. El establecimiento de la comisión respondía a un bajo crecimiento industrial de EEUU. Después de dos décadas de aplicaciones del conocimiento de una nueva realidad, EEUU volvía a contar con una economía próspera, debido a que sus productos recuperaban y ganaban posiciones en la competencia global.

### **1.3 Investigación tecnológica**

La *investigación tecnológica* se refiere a la búsqueda de nuevos conocimientos tecnológicos o de productos tecnológicos aplicando los conocimientos científicos. La investigación tecnológica puede tener como objetivo mejorar la competitividad de los productos existentes mediante la optimización de los procesos y de los productos. La persona que realiza investigación tecnológica es llamada *tecnólogo* o *ingeniero*.

Un producto puede surgir cuando el investigador tecnológico identifica la inexistencia de un producto que puede satisfacer una demanda. Por ejemplo, la necesidad de algunas personas por ser ubicadas telefónicamente en cualquier lugar donde se encuentren dio lugar a la telefonía celular.

Para satisfacer las necesidades del mercado es necesario contar con una serie de elementos tecnológicos que permitan elaborar el producto adecuado. Puede suceder que el descubrimiento de un fenómeno natural de lugar a diversos productos tecnológicos cuya demanda es identificada como potencial. Por ejemplo el descubrimiento de los transistores y su permanente miniaturización ha permitido la difusión de computadoras personales.

#### **1.4 Interacción entre la ciencia y la tecnología**

Es conveniente definir la ciencia como la unión de la investigación científica y el conocimiento científico. En ese sentido, la ciencia no es estática, sino el conjunto dinámico del resultado y del proceso.

Lo mismo podemos decir de la tecnología, en el sentido de que es el producto tecnológico y la propia investigación tecnológica.

La separación entre ciencia y tecnología es teórica y arbitraria. El científico, para diseñar y realizar sus experimentos, debe aplicar tecnología, y algunas veces está obligado a realizar investigación tecnológica. Por ejemplo, cuando se buscaba realizar colisiones de partículas con altas energías, debió construirse aceleradores sofisticados para los cuales tuvo que desarrollarse magnetos superconductores. En este caso se realizó investigación tecnológica para realizar investigación científica.

Asimismo, en la investigación tecnológica puede generarse conocimientos científicos. Esto ocurre cuando la investigación tecnológica accidentalmente genera fenómenos observados por primera vez. El investigador, en este caso, debe tener la capacidad de observación suficiente como para lograr descubrimientos significativos.

## 1.5 Ciencia y Tecnología en la Universidad

La Universidad tiene como función principal la investigación. En la universidad científica y tecnológica, los grupos de investigación son dirigidos por profesores investigadores, los que, además, deben dictar cátedra para transmitir a los alumnos su experiencia y formarlos para ser investigadores científicos y tecnológicos. Esa formación debe tener un componente práctico, en la que los estudiantes participen en los trabajos de investigación. No se puede formar investigadores en lugares donde no se investiga.

La Universidad tiene enormes ventajas competitivas para realizar investigación. Los estudiantes que realizan sus tesis para completar su formación están en su mayor nivel creativo y de expectativas. Por otro lado, las universidades transmiten y crean conocimiento, el que, precisamente, es el elemento fundamental para el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Aquí conviene referirnos a la *transferencia tecnológica* como el proceso en el que un grupo de investigación tecnológica adquiere los conocimientos tecnológicos y llega a dominar la metodología de investigación en un determinado campo de la tecnología. Por ejemplo, un grupo de investigación sobre electricidad solar envía investigadores a un centro especializado de un país industrializado y adquiere los conocimientos tecnológicos que a su regreso le permite

no sólo llevar a cabo proyectos de electrificación solar, sino que también inicia proyectos de investigación y desarrollo en ese campo, convirtiéndose entonces en “competidor de sus maestros”. La transferencia tecnológica es, por ello, motivo de controversia en los grupos tecnológicos en competencia, especialmente si estos grupos pertenecen a empresas.

## **1.6 Ciencia y tecnología en la Empresa**

Las empresas son creadas para generar productos que satisfagan las necesidades del mercado, el que se ha convertido en el terreno de competencia global. En tal sentido, las empresas se convierten en los principales consumidores y productores de tecnología.

Los productos de tal investigación pueden ser registrados como propiedad intelectual o como inventos, lo que permite recuperar la inversión realizada para su desarrollo.

Para la empresa, la tecnología es fundamental. Siendo la empresa una actividad de riesgo, en la que se invierte con esperanzas de recuperar el capital invertido, los empresarios tienen reticencias para realizar investigación tecnológica.

La empresa tiene por objetivo ofrecer servicios o productos para satisfacer las necesidades del mercado. Generalmente, los servicios y los productos entran en competencia con los de otras empresas. La competencia se refiere a la calidad y al precio del producto o el servicio. En tal sentido, cada empresa tiene que realizar investigaciones para lograr el proceso que mejoren estas características.

Dado que las empresas financian sus propias investigaciones,

entre las empresas que tienen los mismos productos o servicios es poco probable que se establezca la transferencia de tecnología o que se produzca la figura de intercambio tecnológico, la que sería similar a lo que en ciencia se definió como intercambio científico. Lo que sí se da es la compra de patentes, en virtud de la cual una empresa puede usar el invento de otra empresa para integrarlo a su producto.

### **1.7 Colaboración entre la Universidad y la Empresa**

Hasta hace poco, los empresarios peruanos veían a la Universidad como un ente desconectado de la producción de bienes y servicios, la cual constituye la razón de ser de las empresas privadas. Por su lado, según la Universidad, la Empresa mostraba un total desinterés por las actividades científicas y tecnológicas. Así, Empresa y Universidad, por mucho tiempo, se dieron la espalda. Hoy, la Universidad y la Empresa intentan establecer mecanismos para trabajar juntas, con el objetivo de mejorar la competitividad empresarial. Ante esta nueva situación, el Estado –interesado en lograr el desarrollo económico y social del país– busca formas de incentivar ese acercamiento y participar en el mismo, con el convencimiento –basado en la experiencia de los países exitosos– de que ello es bueno para el país. Es entonces pertinente analizar los tipos de participación del Estado, la Universidad y la Empresa en actividades científicas y tecnológicas.

El acercamiento entre Empresa y Universidad puede empezar cuando una empresa contrata los servicios de una universidad para mejorar cierta etapa de sus procesos productivos. También es posible que esa universidad sea convocada para llevar a cabo la reingeniería de un proceso productivo.

La colaboración será mayor si la una universidad es solicitada para hacer el estudio de factibilidad de la producción de un bien o un



servicio. Como parte del trabajo, en los laboratorios universitarios, se puede realizar una serie de ensayos experimentales del proceso productivo.

La iniciativa también puede partir de la Universidad, ofreciendo sus servicios en algunas de las etapas del proceso productivo. En este caso se da por sentado que la Empresa tiene las puertas abiertas para que la Universidad visite y estudie sus instalaciones. Ello implica un importante cambio cultural, tanto en la Empresa como en la Universidad: eso es tal vez lo más difícil.

Según esta visión, la Universidad parecería tener un componente empresarial, ofreciendo sus servicios científicos y tecnológicos a las instituciones que potencialmente los requieran. La pregunta que surge entonces es la siguiente: ¿tomando en cuenta que pueden haber empresas privadas que brinden los servicios arriba señalados, qué ofrece de especial la Universidad?

En primer lugar, como todos sabemos, la actividad esencial de la Universidad es la investigación, contando para ello con investigadores profesionales y una juventud estudiosa con mente abierta y en su mayor potencial creativo. Además, los universitarios están motivados, puesto que su formación será tanto de mayor calidad cuanto más participen –en particular los estudiantes que realizan trabajos de tesis– en actividades científicas y tecnológicas con orientación a la Empresa, la que finalmente recibirá la mayoría de los egresados. Estas ventajas comparativas son fundamentales para que la Universidad realice con éxito las investigaciones científicas y tecnológicas que interesen a la Empresa.

En esa interacción, la Empresa será revitalizada con la participación de la juventud en la investigación de sus procesos productivos o de la investigación de nuevos productos y servicios.

## **1.8 Participación del Estado en la investigación científica y tecnológica**

Por su parte, el Estado cumplirá con su misión promotora al poner en acción el potencial neuronal de la juventud impulsado por el motor empresarial.

Sin embargo, para que los esquemas arriba expuestos funcionen, es necesario una apertura universitaria y empresarial, así como una activa participación del Estado, a través de incentivos para que las empresas inviertan y los investigadores trabajen en las actividades científicas y tecnológicas correspondientes.

Si se cumplieran estas condiciones, las empresas aumentarían su competitividad y sus posibilidades de éxito en el mercado internacional de servicios y bienes tecnológicos. Ello, naturalmente, redundará en un mayor bienestar de los peruanos.

En los países desarrollados, el Estado lleva a cabo enormes proyectos de investigación científica y tecnológica, dando lugar a resultados que luego son aplicados por las empresas en sus diversos productos. También ocurre que el Estado lleva a cabo sus proyectos contratando a la empresa privada.

Finalmente, en los acuerdos internacionales sobre la competencia comercial, se acepta que el Estado invierta en investigación científica y tecnológica. Los resultados beneficiarán a las empresas privadas de los países.

En el país se está buscando crear una cultura científica y tecnológica que impulse la interacción entre institutos, universidades y empresa. En tal sentido, se espera mecanismos legales para la promoción de la ciencia y la tecnología en esos agentes del desarrollo,

los que servirán de base para crear esa cultura y para que se establezca tal interacción.

## **2 Ciencia, Tecnología e Industria para el año 2 000 en el Perú:**

### **Evolución de la Ciencia y la Tecnología en los 90s**

El desarrollo de un país –entendido como el mejoramiento de la calidad de vida de la población– se construye aplicando los conocimientos científicos y tecnológicos, a través de los diversos servicios y productos que se ofrece a la sociedad. Para analizar la evolución de la relación entre la ciencia, la tecnología con la industria, la Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología (SOPECYT), la Sociedad Peruana de Física (SOPERFI) y el Capítulo de Ingenieros Industriales y de Sistemas del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), en 1989, organizaron el Simposio “Ciencia, Tecnología e Industria para el año 2 000 (SICITI 2 000)”

Desde la revolución industrial, en Inglaterra y Francia, la ciencia y la tecnología han estado estrechamente relacionadas con la industria. Sin embargo, es desde la segunda mitad del siglo XX que esa relación se intensificó primero y cambió de naturaleza después. Como recordaba Mario Samamé en el SICITI 2 000, la primera revolución industrial salió de las fábricas y talleres, mientras que la de ahora nace en las universidades, como producto de la investigación científica y tecnológica.

En el Perú, desde hace décadas se viene buscando la relación entre la ciencia, la tecnología y la industria. Carlos del Río, en el

SICITI 2 000, planteaba que la ciencia y la tecnología “servía para vincularnos, para ocupar inteligentemente el territorio nacional, para lograr que nuestros recursos naturales adquirieran un mayor valor agregado, para lograr que la energía esté al alcance de todos”.

A pesar de los esfuerzos que las organizaciones profesionales han realizado para promover la ciencia y la tecnología en el Perú, éstas se encuentran bloqueadas. Gerardo Ramos, en el “SICITI 2 000”, recordaba que hacía 30 años que se le venía preguntando qué hacer y él seguía respondiendo lo mismo: “es necesario dirección política en ciencia y tecnología”.

En los diez años que siguieron a 1989 no se ha producido un cambio sustancial de las realidades en los diversos campos de la ciencia, la tecnología y la industria.

## **2.1 Energía**

Un tema crucial para el desarrollo es la energía. La producción de energía se ha centralizado sobre la hidroelectricidad– la que se mostró frágil ante los actos de sabotaje de principios de los 90 o ante los desastres climatológicos–. Sobre el problema energético, Luis García, en el “SICITI 2 000”, señaló que el 52 % del potencial total corresponde al potencial hidroeléctrico, pero que su explotación requería equipamientos importados. Además, dijo, las condiciones geológicas del país, los costos de las obras hidroeléctricas son mayores que el promedio internacional.

Luis García Núñez, refiriéndose al tema del gas, opinó que es un potencial que debe ser explotado racionalmente, con técnica, esfuerzo y creatividad. Debemos reconocer los límites de la capacidad tecnológica, de ahorro y de financiamiento, pero tenemos que usar esquemas de ahorro y financiamiento compatibles con nuestra

capacidad de gestión y previsión del futuro.

La geotermia, según Núñez, es una de las fuentes más caras en el mundo, en términos relativos. Sin embargo, la regionalización puede cambiar la situación. Si la Región del Sur diera prioridad al potencial geotérmico, podría evaluarse los recursos a niveles comerciales. En 1999, se sigue estudiando esa potencialidad.

Manfred Horn, refiriéndose al problema energético, más específicamente al tema de la energía solar, dijo que éste no era un problema científico tecnológico; que era un problema financiero. En 1999, la energía solar ha servido para brindar energía a algunos pueblos aislados, como por ejemplo la isla Taquile del Titicaca.

En 1999, se ha construido centrales hidroeléctricas que satisfacen las necesidades. En ese marco, las empresas mineras ya no requieren grupos electrógenos.

Por otro lado, hoy se explota el yacimiento de Aguaytía y se espera en un futuro mediano la explotación del gas Camisea.

## **2.2 Minería**

La minería ha sido desarrollada desde la época de las civilizaciones preincas y, por mucho tiempo, tuvo nivel empírico. Sin embargo, Mario Samamé Boggio, en el “SICITI 2 000”, hizo notar que la minería y la metalurgia, en 1989, ya tenían raíces científicas y tecnológicas; que la extracción estaba altamente tecnificada; y que había llegado incluso a los fondos marinos, con tecnología para localizar nódulos de manganeso, extraerlos y procesarlos. Había llegado, por otro lado, la era de la cerámica y el diseño de materiales con características adecuadas a nuestras necesidades.

Mario Samamé, que en 1989 era Ministro de Energía y Minas, planteó el Programa de Desarrollo Minero Nacional, el que pretendía reemplazar los antiguos enclaves por sistemas integradores de los diversos elementos del entorno.

Actualmente, las empresas mineras han cambiado de actitud. En Yanacocha, por ejemplo, las empresas Newmont y Buenaventura, no tienen campamentos: el personal vive en Cajamarca. La empresa Pierina, de la American Barrick, tampoco tiene campamento: el personal vive en Huaraz. Esta integración del personal minero a la ciudad va generando procesos socioeconómicos diferentes a los que persistían en los enclaves. En tiempos pasados, la relación de las empresas mineras con los pueblos era de paternalismo; a través de donaciones. Hoy, la tendencia es industrializar la región, reforestar, hacer un buen manejo de bosques, trabajar la madera, etcétera. Eso es por lo menos en teoría. Sin embargo, aún existen reclamos debido a la distorsión que la actividad minera genera en los pueblos bajo su influencia.

Las empresas multinacionales han dado diversos tratos a las poblaciones afectadas por la ocupación de sus tierras. En Yanacocha, los habitantes de las tierras que se dedicaban al pastoreo fueron inducidos a vender sus tierras a precios irrisorios. Hoy, esos antiguos pastores se encuentran en la pobreza absoluta. En Huaraz, los pobladores serán ubicados en una urbanización construida por la empresa, la que les dará, además, un puesto de trabajo en la mina.

La promoción de la minería ha dado lugar al ingreso de empresas multinacionales intensivas en capital, operaciones automatizadas, entre otros avances técnicos, disminuyendo drásticamente el requerimiento de mano de obra.

El Estado se esfuerza por brindar las mayores facilidades para el ingreso de capitales en minería. Guillermo Balcázar, como

presidente del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en 1989, daba prioridad a la estructuración de la carta geológica nacional, la que produce información para las empresas que desean invertir en minería. El Estado llevaba los proyectos hasta las puertas de la explotación, para entregarlos a las empresas. Sin embargo, Balcázar lamentaba que el INGGEMMET no recibiera algo de esas empresas para realizar investigaciones avanzadas.

Para incentivar las investigaciones mineras y metalúrgicas, en 1989 Guillermo Balcázar propuso lo siguiente:

- establecer un porcentaje de regalías de explotación de los yacimientos, para el financiamiento del INGGEMMET;
- actualizar con urgencia los proyectos sobre el carbón;
- establecer centros de acopio de minerales, en zonas cercanas a yacimientos afines, que puedan, en un futuro cercano, servir de zona de abastecimiento a refinerías;
- hacer lo necesario para que en el año 2050 ya no se exporte concentrados, porque en ellos se va escondida la riqueza.

¿Qué pasó en la década que siguió a esas propuestas?

- desde 1995, el INGGEMMET tienen fondos de los derechos de vigencia de las concesiones mineras; el Ministerio de Energía y Minas y los gobiernos locales tienen otros porcentajes;
- se cifra esperanzas en la explotación del yacimiento de Camisea;
- ha aumentado algo la capacidad de refinación en Ilo; y Cajamarquilla ha ampliado su capacidad en el 20%;



- en cierta forma, se ha mantenido los centros de acopio, los concentrados son trasladados a centros de embarque o a otras refinerías;

Sin embargo, se ha hecho muy poco en investigación para exportar más que concentrados, tema que tiene que ver en gran medida con la metalurgia.

### **2.3 Metalurgia**

La investigación en metalurgia estaba, en 1989, en gran medida, bajo la responsabilidad del INGEMMET. El INGEMMET contaba con una planta piloto de segregación de minerales oxidados, que estaba ubicada en la planta de zinc de Cajamarquilla, y que fue construida con ayuda de la Misión Japonesa. Al lado se puso una planta de tostación, que, por medio de elevación de temperaturas, servía para tostar y sublimar los minerales dañinos, para luego extraer los metales o minerales beneficiosos. Esta planta se privatizó en 1996, y pasó a una empresa canadiense.

Actualmente, los laboratorios y una planta de flotación, pertenecientes al INGEMMET y que prestaban servicios en los terrenos de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), han sido cedidos a esa universidad. Una planta de flotación y una planta de tostación se han cedido a la Universidad de San Marcos, pero todavía no se ponen en operación.

Las plantas de flotación del Banco Minero fueron transferidas a varias universidades nacionales. El tamaño de estas plantas es apropiado para pequeña minería. La Universidad Santiago Antúnez de Mayolo de Huaraz tiene una planta de 50 toneladas y otra de 250 toneladas de producción por día. Una de ellas ha sido alquilada a una empresa privada, la que la ha puesto en operación. La Universidad de

Huancayo y la Universidad de Trujillo tienen otras plantas similares.

En el campo de la metalurgia, José Vidalón, del Banco Minero planteó los siguientes desafíos:

- aumentar la productividad mediante la modernización de los sistemas, la optimización y control de procesos;
- diversificar la producción, abarcando nuevos materiales, productos y subproductos –por ejemplo, dar mayor impulso a los minerales no metálicos–, de los cuales tenemos reservas, como los fosfatos, los compuestos de potasio, el magnesio y sus derivados. También se trataba de apoyar el desarrollo de materiales cerámicos;
- elevar el grado de elaboración –dejando gradualmente la producción sólo de concentrados y metales– hacia la obtención de aleaciones y compuestos para luego pasar a la producción de manufacturas;
- sustituir insumos que la industria importa en volúmenes considerables; e
- iniciar la investigación y desarrollo sobre la producción de materiales avanzados, tales como las super aleaciones, materiales cerámicos, semiconductores, aisladores, etcétera.

Hoy en día, muchas de estas cosas están estancadas. Con la privatización, y el ingreso de capitales, las grandes empresas vienen a explotar los recursos y traen prácticamente toda la tecnología necesaria; sólo necesitan profesionales y técnicos peruanos, y en número limitado. El INGEMMET está abocado exclusivamente a la carta geológica. La minería, con casi 50% de las exportaciones nacionales ocupa sólo el 1% de la población económicamente activa.

Las inversiones externas en minería peruana tienden a la extracción y a la concentración del mineral, para refinarlo en plantas de sus países de origen. Ello es mucho más rentable que instalar una planta de refinación en el Perú. Los concentrados de Antamina irán a Canadá. De esa forma, la participación del Perú en el proceso minero, cada vez está limitando más a la extracción primaria.

## **2.4 Agroindustria**

La producción y el procesamiento de alimentos han sido preocupación desde tiempos preincas, en los que se dominaba técnicas de valor hoy reconocido por los entendidos en la materia. En la actualidad, la tecnología ha ingresado muy poco al campo, y cuando lo ha hecho ha sido en forma heterogénea. Jorge Arturo Portocarrero, en el “SICITI 2 000”, criticó lo que llamó la “tractorización” de la agricultura, la que ha significado “un desperdicio tremendo de capitales, porque muchas áreas no necesitan tractor, y no se ha producido elementos mecánicos que puedan funcionar por tracción animal”. Como ejemplo, Portocarrero señalaba que en un campo de espárragos, el arado tiene ventajas sobre los tractores. Otro caso similar es constituido por los sistemas de automatización, los que no se domina completamente; en tal sentido, él demandaba “impedir que se adquieran robots para estar paralizados por falta de software”.

Teófilo Aliaga mencionaba que la participación de la agroindustria en los alimentos peruanos es del orden del 10%, mientras que en el Grupo Andino es 40%, y unos 90% en los países desarrollados. El 90% de la agroindustria está en la Costa y, de ese, 75% está en Lima y Callao. El 6% de las empresas grandes tienen el 70% de la producción. Las grandes industrias son intensivas en capital y utilizan materia importada para un consumo interno. El resto tiene tecnología obsoleta.

En 1989, Teófilo Aliaga proponía:

- simplificar la administración de los institutos, para que éstos permitan la rápida obtención de los recursos para la investigación;
- lograr que los profesores de las universidades sean investigadores;
- orientar la investigación hacia las materias primas de alta calidad, para valorar los productos naturales nacionales y a las biotecnologías, las que son fundamentales para el desarrollo del agro.

Hoy, el porcentaje del componente de agroindustria en los alimentos es un poco mayor que en 1989, pero no en una proporción adecuada. Mientras tanto, Chile ha pasado a 55%. En Perú se exporta frutos en bruto, congelados, con poco valor agregado. En muchos casos, importar es más barato que cosechar en el Perú.

Pedro Carrillo, en el SICITI 2 000, opinaba que debiera darse prioridad el tratamiento poscosecha de frutas, embalaje de productos agrícolas, de frutas y de verduras para exportación o de traslado de zonas de ceja de Selva o Montaña hacia Lima. También debemos considerar almacenaje hipobárico, como lo ha hecho Colombia, decía Carrillo.

## **2.5 Industria química farmacéutica**

En el campo de la industria química farmacéutica, en el “SICITI 2 000”, Simón Pérez Alva hizo notar que en 1989 se importan los 4 496 específicos que se usan para fabricar las medicinas. El costo de la materia prima de la especialidad farmacéutica es de 40% a 45% del costo total. Como punto de

comparación, los específicos en Brasil son 10 000 de marca, en Colombia son 14 500, en Suiza e Italia son 20 000 y en Alemania son 25 000.

Ernesto Melgar resumía la situación de la industria farmoquímica diciendo que todo se reduce a traer insumos, tabletearlos, ampolletarlos o encapsularlos y envasarlos. El defecto es que en el Perú nunca se desarrolló la industria química básica y, por lo tanto, no tenemos los insumos fundamentales.

En la industria química farmacéutica, en 1989, Pérez Alva esperaba que en el 2000 el país produjera antibióticos de segunda generación. Planteaba la necesidad de centros de investigación de excelencia en química farmacéutica.

¿Qué podemos hacer para acortar este retraso?. Estamos llegando tarde a la industria química básica decía Melgar, pero debemos apostar por la ciencia moderna, la biotecnología, con la que se puede pasar muy rápidamente de la investigación básica a la investigación aplicada. Para empezar, debemos contar nuevos profesionales que trabajen en equipo, biólogos, microbiólogos, químicos, ingenieros, capaces de desarrollar estas nuevas áreas. Es decir, existe un trabajo muy grande para nuestros institutos y universidades, los que deben abandonar la manera clásica de formar profesionales, proponía Melgar.

Marco Antonio Garrido Malo, en el “SICITI 2 000”, apostaba por el establecimiento de centros selectos de formación, centros de investigación altamente calificados. Esto lo pueden hacer sólo las universidades, porque no existe la voluntad política que proyecte nuevos institutos. Garrido sugería a los jóvenes orientarse hacia los aspectos de control de calidad. En control de calidad es una actividad polivalente muy exigente, en la que intervienen biólogos, farmacéuticos, médicos, veterinarios, entre otros.

¿Qué ha pasado en la década de los 90s?. En el 2000 no hay un centro de investigación de excelencia. Las universidades no pueden remunerar adecuadamente a sus profesores. A pesar de que el Perú, hasta 1998, era el único exportador de SEIS-APA en América Latina, en 1999, SINCQUISA, la empresa peruana que producía materia prima para antibióticos de primera generación, fue comprada por una empresa holandesa. La SEIS-APA ya no se produce y la planta fue desmantelada.

Según datos del Colegio Química, desde 1990 a 1999 en el Perú desaparecieron 528 lo que representa un retroceso de 60 años. Sólo quedan 25 laboratorios. Sólo el 20% de los profesionales químico farmacéuticos peruanos trabaja en este rubro. Las empresas Bayer, Grünenthal y Roche han dejado de fabricar medicamentos en el Perú para importarlos de Argentina, México. El Perú no exporta medicamentos.

## **2.6 Biotecnologías**

En el campo de las biotecnologías, Marcel Gutiérrez, en 1989, opinaba que la explosión de las biotecnologías afectará al Perú, porque varios productos exportados iban a ser reemplazados por otros, generados en laboratorios extranjeros. El azúcar, por ejemplo, ya es reemplazado por edulcorantes producidos a partir del almidón, señalaba Melgar.

Melgar Advirtió que empresas transnacionales enormes como la Dupont y la Monsanto, habían acaparado la producción de semillas mejoradas. En muchos casos tenemos que comprar esas semillas, las que están bajo patente internacional. Es más, no sólo se trata de la nueva semilla, sino el paquete tecnológico incluido. Es decir, fertilizantes especiales, insecticidas especiales, maquinaria especial,

etcétera. Según Gutiérrez, el Perú podía producir ácido cítrico, el que en 1989 se estaba importando.

Entre los problemas que Gutiérrez identificaba en el desarrollo de la biotecnología podemos mencionar:

- falta de gente capacitada;
- remuneraciones irrisorias de los investigadores;
- presupuestos prácticamente nulos;
- serias limitaciones en infraestructura;
- limitaciones en información biotecnológica;
- competencia por recursos de muchos proyectos del mismo tipo, lo que daba lugar a un desperdicio de dinero;
- poco uso de los conocimientos generados en el país.

Para evitar que las cosas se agravaran, Marcel Gutiérrez, proponía una serie de medidas:

- seguir importando antibióticos, por su carácter social;
- producir por lo menos penicilina;
- investigar temas relacionados con el sector Agricultura, en especial con la industria azucarera, explorar posibilidad de materia prima como los aminolácidos, entre ellos, el caso de la yuca.

Respecto a medidas a favor de la ciencia y la tecnología, Gutiérrez opinaba que era necesario:

- decisión política en ciencia y tecnología, previa concertación de grupos políticos;
- comunicación industria-universidad (recordaba que ésta había sido la base del éxito de las biotecnologías en los países desarrollados, y en países vecinos, como Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador);
- estímulos a la industria, como cancelación de impuestos por investigación y desarrollo, precios de refugio, y un monto para estimular a estas empresas;
- fortalecimiento de la base científica interdisciplinaria;
- formación de personal para el corto, mediano y largo plazo;
- priorización, en el corto plazo, del uso de lixiviación microbiana;
- desarrollo la industria láctea con independencia de las sepas, en el caso del yogurt, quesos, etcétera;
- desarrollo de tecnologías para el uso del almidón, sobre todo para algunas formas de fermentación, como serían penicilinas, glutamato, lisina;
- desarrollo, a mediano plazo, de tecnologías para el uso de la celulosa, reconversión de la industria sucroquímica, la culminación de la tecnología del SEIS-APA para que no haya dependencia de la importación de la enzima, como entonces la había;
- ampliación el mercado de enzimas;



- desarrollo de la tecnología para la producción de fertilizantes y pesticidas microbianos ;
- y desarrollar nuevas vacunas, cuya importación se estaba incrementando.

Fabiola León Velarde, por su lado, proponía investigar sobre temas relacionados con nuestros propios problemas. Uno de los temas propuestos era la lixiviación bacteriana, la que puede ser útil en los relaves mineros. Si bien esto no tiene importancia en la competencia internacional, para nosotros sí lo tiene. Otro tema que propuso León Velarde fue el diagnóstico para enfermedades propias, como la leishmaniasis.

¿Qué resultó de los esfuerzos biotecnológicos de la década de los 90s? En general, las biotecnologías se han desarrollado muy poco. Como consecuencia, varios productos peruanos han dejado de ser rentables. Algunas empresas han debido reestructurarse para sobrevivir. En 1999, la empresa azucarera Paramonga ha sido comprada por Wong y se proyecta a producir sólo para el mercado nacional.

Por otro lado, en la industria química farmacéutica, se frenó lo poco que se iba avanzando. Las investigaciones biotecnológicas en minería también han sido abandonadas. En contraste con ello, Chile está intensificando sus investigaciones en lixiviación bacteriana, con millones de dólares de financiamiento.

La investigación sobre el diagnóstico de leishmaniasis ha dado buenos resultados, gracias a la existencia de un excelente equipo de investigadores de la Universidad Cayetano Heredia y al apoyo de instituciones extranjeras. Los resultados de las investigaciones benefician a los habitantes de los valles andinos, los que hasta hoy sufren los estragos de esa enfermedad, más conocida como la uta.

## 2.7 Electrónica y telecomunicaciones

En el campo de electrónica y las telecomunicaciones, Héctor Roselló, director de investigaciones del INICTEL –creado en 1973 para centralizar y racionalizar la investigación y la capacitación en telecomunicaciones– informaba que las empresas de telecomunicaciones no se interesaban en realizar un progresivo nacimiento y fortalecimiento de proveedores nacionales. “No ven el interés de contar con una industria local de telecomunicaciones”, decía Roselló en el SICITI 2 000.

Según Roselló, lo que agravaba la situación era el monopolio de la empresa de telecomunicaciones (ENTEL): ésta realizaba investigación y desarrollo, sin considerar a la industria local como parte integrante del proyecto, desde su inicio hasta la fase de producción, asegurándole un mercado. Esto, para Roselló, conllevaba a que la industria se viera en peligro de desaparecer, y no sea posible un desarrollo acorde con la realidad nacional.

El INICTEL, desde sus inicios en 1973 hasta 1989, había desarrollado unos 37 proyectos, financiados por entidades del Estado o compañías privadas pequeñas. ENTEL sólo demandó un proyecto que duró 6 meses.

Entre 1983 y 1989 el INICTEL desarrolló proyectos con recursos propios y financiados sólo parcialmente en 1986 por CONCYTEC.

El 77% de todos los proyectos del INICTEL fueron enfocados en las telecomunicaciones. Un 23% fue necesario para mantener la continuidad, o apoyar a otras entidades de investigación y desarrollo.

Héctor Roselló demandaba cambios radicales para lograr, en cuarenta años, una industria de telecomunicaciones. En suma proponía:

- incentivar y apoyar los esfuerzos particulares industriales que con sus propios recursos invierten para exportar bienes tecnológicos – con valor agregado– que se produce localmente y generan divisas;
- captar, lo más pronto posible, la inversión extranjera, la que en América Latina tiende a ser menos atractiva y disminuye rápidamente la apertura de otros mercados importantes y productivos como el soviético y chino;
- otorgar un presupuesto dedicado al INICTEL para que realice o coordine las actividades de investigación y desarrollo en telecomunicaciones que se requieran en el corto y mediano plazo y a nivel nacional;
- ver, en las adquisiciones de equipamiento extranjero, una obligación de las empresas extranjeras, para ensamblar o fabricar localmente, con participación o apoyo de la industria nacional;
- proporcionar mayores facilidades arancelarias al sector comunicaciones con la verdadera jerarquía que le corresponde, por ser un sector fundamental de apoyo para los demás sectores;
- propiciar proyectos conjuntos de investigación y desarrollo con países de América Latina.

Roselló temía por lo que pudiera venir: “ojalá que la industria pueda sobrevivir hasta el año 2 000, pues las decisiones políticas no han sido dirigidas a promover la industria en forma sostenida, sino a estrangularlas”.

Las líneas de investigación propuestas por Roselló eran la robótica y la inteligencia artificial. Se trata también de identificar las áreas de investigación en nuevos materiales: los superconductores tienen que ser elegidos dentro de los diez primeros años, para poder estar en posición internacionalmente competitiva, decía Roselló.

## **2.8 Geofísica**

En el campo de la geofísica, Jorge Bravo, del Instituto Geofísico del Perú (IGP), relató que, hasta 1968, con apoyo extranjero, el IGP se desarrolló sostenidamente. El 90% del presupuesto venía de la cooperación internacional. En 1968 hubo un cambio de gobierno y un cambio de política. Se produjo un disloque. En pocos años se invirtió el porcentaje de procedencia del financiamiento, sin aumentar los recursos otorgados por el Estado. Al frenarse el ingreso por cooperación, el 85% del presupuesto provenía del tesoro público y 15% provenía de recursos propios del Instituto.

En el campo de la sismología no se cuenta con el número suficiente de estaciones que permitan estar alertas para eventualidades sísmicas o volcánicas. En la década de los 90s, el número de científicos e ingenieros fue reducido drásticamente, lo que ha producido una insuficiencia de personal para cumplir su misión en forma satisfactoria.

A pesar de su importancia, no existe un equipo activo en el campo de la glaciología. En mayo de 1970, un terremoto con epicentro frente a las costas de Chimbote, hizo caer parte de los glaciales del Huascarán, la que arrasó la ciudad de Yungay y otros pueblos. Mateo Casaverde, del IGP, estuvo en Yungay el día del desastre. Casaverde relata que con su cámara fotográfica pudo constatar que el glacial del Huascarán presentaba resquebraaduras. Cuando escuchó el sonido característico de una avalancha, miró hacia

el Huascarán y vio una polvareda que indicaba que se venía algo terrible. Corrió hacia el cementerio, ubicado en las partes altas, y se salvó. Ronald Woodman recuerda que cinco años antes del desastre alguien había alertado sobre el riesgo de un inminente desastre. Las personas que alertaron sobre el inminente desastre fueron encarcelados “por crear alarma”.

En el campo de la física de atmósfera, el IGP ha recibido un importante apoyo de Estados Unidos, en especial con la construcción del Observatorio de Jicamarca, el que ha hecho importantes contribuciones a la ciencia de la atmósfera. Ronald Woodman, director del IGP en 1999 fue premiado con el premio Appelton por sus trabajos sobre este tema.

Pero, sin lugar a dudas, como demostración de lo que representa el apoyo que recibe la ciencia por parte del Estado, cabe mencionar que en mayo del 2000, el local central del IGP, con sus computadoras y la base de datos de 50 años de sismología, fue consumido por un incendio. La razón es simplemente que el local era un conjunto de barracas construidas de “tripलय”.

## **2.9 Informática**

Eduardo Toledo, en el SICITI 2 000, ponía en relieve la oportunidad a lo pequeño, debido a la capacidad de acceso a los medios informáticos, de núcleos pequeños de personas, empresas o familias. Los servicios que se pueden brindar con las computadoras son innumerables y no requieren capitales desmesurados. Joaquín González veía la informática como una tecnología sin límites en el mediano plazo. Julio Savarrese proponía hacer software de servicios para usuarios. Conforme vayamos aprendiendo iremos haciendo diseños de circuitos integrados, decía González.

En la década de los 90s, los servicios de internet han creado un nuevo mundo, mostrando que en este campo el desarrollo es veloz, y no podemos ver con mucha claridad hacia donde llegaremos en diez años. En el campo de la informática, algunos esfuerzos institucionales y personales han dado lugar a contratos desde el extranjero.

## **2.10 Universidad**

¿Y la Universidad? Javier Sota opinaba, en 1989, que, con honrosas excepciones, las universidades son copistas, alienadas, descentradas de la realidad nacional. Esa realidad tiene siglos, porque nuestra cultura no ha podido encontrar el camino que sí tuvo, por ejemplo, la cultura andina, que sí fue autocentrada. Afirmaba que en ese entonces se aplicaba el modelo de la desacumulación. La Universidad era defectiva.

Raúl Fajardo hizo recordar que, en el mundo, por cada 100 trabajadores, existen 4 a 5 técnicos y uno o dos profesionales. En el Perú, por cada técnico hay tres o cuatro profesionales. Estos profesionales tienen que ser re-entrenados para comenzar a trabajar.

Javier Sota opinaba que la investigación debía estar dirigida a la especificidad nacional y no a generalidades abstractas. Propuso la recuperación, para la Universidad, de la investigación que el Gobierno militar llevó a los institutos. El espacio natural de la investigación está en la Universidad, y es en la Universidad que el Estado tiene que invertir en laboratorios, señalaba.

Raúl Fajardo, opinaba que la Universidad debía vincularse con el sector productivo. Una universidad divorciada del sector productivo, como es el caso actual, no va a contribuir al desarrollo nacional. Para ello debe generarse confianza en la Universidad. Según Fajardo, debía producirse profesionales capaces de crear trabajo.

Hoy en día, en la Universidad no se hace investigación. Los profesores de las universidades estatales, para completar sus ingresos, trabajan en dos o tres lugares. No es raro ver docentes que trabajen al mismo tiempo en una universidad estatal y en una privada. En cuanto a la dedicación del profesor, la Universidad estatal lleva la peor parte. En consecuencia, es prácticamente imposible realizar trabajos de investigación.

En el 2000, se cuenta numerosas universidades privadas de diversas categorías. En la mayoría de éstas, los criterios de rentabilidad hacen difícil establecer proyectos de investigación.

En cuanto a formación de profesionales, los resultados son poco alentadores. Por un lado, las universidades estatales, por ser gratuitas, cuentan con alumnos rigurosamente seleccionados; pero, por las bajas remuneraciones, tienen profesores que no dedican el tiempo necesario para una buena formación. Las universidades privadas, en cambio, debido a las pensiones que deben pagarse, los alumnos son seleccionados menos rigurosamente, pero tienen profesores que les dedican mayor tiempo.

La investigación en la Universidad puede dar lugar a productos competitivos para ser comercializados por la empresa. En la realidad, ni las universidades ni las empresas hacen investigación; y, a pesar de los múltiples esfuerzos establecer contactos entre ambas, éstas siguen incomunicadas.

## **2.11 Industria**

En el “SICITI 2 000” Fernando Villarán recordó que la política de sustitución de importaciones fue un fracaso. Lo que proponía Villarán era encontrar el motor del desarrollo, “el dinamismo tecnológico endógeno, que es justamente la característica básica del desarrollo

industrial. Este es el lugar donde se concentra la unión entre ciencia, tecnología y actividad industrial”. La pregunta que surge es ¿cómo se logra?. ¿Es posible que tengamos en el Perú ese proceso tecnológico? Para avanzar en esa dirección, en 1989, Villarán propuso:

- demanda en expansión;
- capacitación mayor de los trabajadores;
- mayor articulación y eslabonamiento entre las actividades productivas;
- búsqueda de la existencia de una masa crítica de empresas y cerebros;
- difusión del conocimiento científico y tecnológico;
- desarrollo de la capacidad de imitación y copia de otras soluciones tecnológicas del exterior;
- inversión en investigación y desarrollo, que es el más conocido y el que más se tiene en cuenta.

Villarán llamaba la atención sobre las pequeñas empresas, ya sea para el mercado interno o para la exportación. Siempre pensando en empresas más eficientes, con mayor contenido tecnológico, con mayor capacidad de tener el “bicho” de la innovación tecnológica, que consideraba el motor del crecimiento.

En 1999, la pequeña empresa se ha constituido en la principal fuente de empleo, pero no cuenta con el apoyo científico y tecnológico adecuado.

Villarán hacía notar que se seguía debatiendo el tema de la



relación entre la ciencia, la tecnología y la empresa, pero no se presentaba ejemplos de éxitos de procesos que hayan partido con la investigación y terminado en un éxito empresarial.

Carlos Longa, del Acuerdo de Cartagena, en 1989, resaltaba la importancia de los recursos humanos. Consideraba valioso el entrenamiento tecnológico en la tecnología blanda y en las duras, así como el aprendizaje tecnológico, como una función específica dentro de la empresa. La capacitación y el reparto de los beneficios son elementos importantes de la nueva sociedad del empresario y el trabajador. En 1999, la capacitación permanente es prácticamente inexistente en la mayoría de las empresas.

Jorge Arturo Portocarrero, en el “SICITI 2 000” propuso una tecnología apropiada al país, que no sea sólo la copia de una tecnología. Benjamín Marticorena, en esa misma dirección, propuso una reestructuración y una integración y conexión de los diversos componentes en función de la propia realidad y de recurrir a los recursos naturales del país en vez de los importados. Creía entonces que no se debía priorizar el mercado externo.

En el 2000, somos principalmente exportadores de materias primas –las que cada vez son más baratas– e importamos productos tecnológicos, los que son cada vez más caros.

## **2.12 Los institutos multidisciplinarios de ciencia y tecnología**

Los institutos de investigación científica y tecnológicos tienen como fines promover la generación de conocimientos para aumentar el valor agregado de los servicios y productos del país. Entre estos institutos, en 1989, se tenía el Instituto Tecnológico Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC) y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).

Juan Barreda, en 1989 director general del ITINTEC, promovía los proyectos que la empresa, o los propios interesados de cualquier nivel, fuesen capaces de convertirlos en incremento de la producción y la productividad. Barreda opinaba que el ITINTEC debía ser normativo y no ejecutor.

El ITINTEC también realizaba actividades relacionadas con el control de la competencia desleal y el control de resultados micro.

Juan Barreda ponía énfasis en las áreas críticas, de especial interés para futuro. Planteaba la necesidad de organizar comunidades operativas independientes, los centros tecnológicos. Proponía la creación de los centros tecnológicos automotriz, metalurgia, textil, electrónica, pieles y cuero, alimentos, envases y embalajes.

¿Qué pasó con el ITINTEC? Fue cerrado y, en su local, se instaló un nuevo organismo: el Indecopi. Los equipos de investigación con los que contaba el ITINTEC fueron cedidos a otras instituciones. En lo que respecta a laboratorios, el Indecopi ha mantenido su laboratorio de metrología.

Párrafo aparte merece el Museo de Ciencias “Castro Mendivil” del ITINTEC, el que servía para la difusión de las ciencias en los colegios. Este museo, que tenía una formidable acogida, con visitas programadas para varios meses, fue enviado al parque zoológico de Las Leyendas.

En el campo de la energía nuclear, el contralmirante Cristóbal Miletich, en 1989 presidente del IPEN, resaltaba el carácter multidisciplinario de la actividad nuclear, tanto por la diversidad de aplicaciones que tiene, como por el origen de los profesionales que trabajan en esta actividad.

Entre los servicios y proyectos a los que se refirió Miletich podemos mencionar:

- el proyecto MOSCAMED, el que consiste en irradiar a los machos de la mosca de la fruta para esterilizarlos, y después soltarlos en los campos, con lo que se logra la disminución de la plaga;
- servicios de ensayos no destructivos (END), los que permiten analizar materiales sin necesidad de tener que abrir, partir, cortar o romper;
- servicios de hidrología isotópica, los que permiten la prospección de recursos hídricos, fuga de represas;
- aplicaciones en agricultura, llevadas a cabo por la Universidad Nacional Agraria (UNA), entre las que puede mencionarse el mejoramiento de cereales mediante fitotecnia por mutaciones; mejoramiento de la práctica de gestión de los fertilizantes etcétera;
- radio-inmunoanálisis en reproducción animal, en la Universidad Nacional de San Marcos;
- aplicaciones en la industria;
- medicina nuclear en un centro especializado y apoyo a todos los centros de medicina nuclear del Perú;
- análisis químicos par la minería;
- proyecto de instrumentación nuclear; el que comprendía siete prototipos que se aprestaban a construir, entre los cuales se tiene un pH metro, un equipo para medir radiaciones, agitadores magnéticos, etcétera;

- producción de radioisótopos para reemplazar las importaciones, con la voluntad de exportar;
- explotación de las minas de uranio de Chapi y Macusani;
- proyecto Planta de Irradiación Multiuso, que sirve para irradiar alimentos y productos para la exportación, así como de productos médicos;
- proyecto nucleoelectrico, cuyo objetivo era instalar plantas nucleares en el Perú.

¿Qué sucedió, hasta el 2000, con estos proyectos o servicios ofrecidos por el IPEN?:

- el proyecto MOSCAMED sigue funcionando, en una institución ligada al sector Agricultura;
- prosiguen los servicios de radiografía industrial;
- la hidrología isotópica ha sido aplicada con éxito en diversos lugares del país;
- las aplicaciones nucleares en agricultura siguen bajo la responsabilidad de la UNA, la que ha obtenido una serie de productos en este campo;
- también prosiguen las aplicaciones del radio-inmunoanálisis en la Universidad de San Marcos;
- el Centro de Medicina Nuclear sigue brindando servicios, y ahora es administrado por el Instituto de Enfermedades Neoplásicas;
- los servicios de análisis químicos por el método de análisis por

activación neutrónica, aplicados en la minería, en cambio, no han prosperado porque no se cuenta con la infraestructura para atender la demanda de análisis, por lo que las empresas interesadas, incluyendo el INGEMMET, han preferido enviar sus muestras a las grandes empresas de análisis en el extranjero;

- ninguno de los productos de equipos electrónicos producidos en el IPEN han sido comercializados;
- en cuanto a los radioisótopos, para tener una idea, podemos decir que en 1998 se produjo por un monto de 300 000 dólares, lo que tiene que compararse con los aproximadamente 3 millones de dólares que cuesta operar el Centro Nuclear de Huarangal;
- el uranio por su bajo precio sigue sin explotarse, a pesar de haber sido ofrecido al mercado internacional;
- la planta de irradiación, hoy explotada por una empresa privada, aún no logra amortizar el costo de la planta;
- el proyecto nucleoelectrico ha sido prácticamente abandonado.

La visión de Cristóbal Miletich era llegar al próximo siglo con un IPEN sólidamente consolidado, con laboratorios bien equipados, prestando servicios a la comunidad científica del Perú –que esperaba sea mucho más numerosa que la de 1989–, generando nuevas ideas, nuevas técnicas, nuevas metodologías, para contribuir al desarrollo integral del país.

Queremos, decía Miletich, que nuestros técnicos y científicos sean bien remunerados, para evitar que se vean obligados a realizar actividades extra, o se tengan que ir del país.

Miletich ponía énfasis en el concepto de garantía de calidad –

que, decía, es toda una filosofía, muy superior al concepto de control de calidad, actualmente en uso— el que debía ser utilizado por toda la industria nacional. Con esto, según Miletich, se habría conseguido un buen nivel de nuestra industria en general, estando en condiciones de competir con cualquier otra de los países más desarrollados. Se refirió a la industria metal-mecánica en Argentina, la que, gracias a la demanda de la industria nuclear, adquirió su grado de madurez.

La realidad fue diferente: durante la década de los 90s el Estado aplicó una política de incentivos a la renuncia a los puestos de trabajo del Estado, lo que produjo la emigración de la mayoría de los profesionales y científicos más calificados. En cuanto a la situación de los profesionales y científicos que se quedaron a trabajar en los laboratorios era tal que ganan ahora la mitad de los profesionales que ocupan cargos de confianza, lo que ha incrementado el éxodo de los especialistas mayor capacitados.

Miletich visualizaba al IPEN como ente promotor, para que exista una industria nuclear sólida, en donde el Estado como el sector privado puedan invertir.

Todo esto requiere financiamiento. Miletich tuvo dificultades, como otros responsables de institutos, en conseguir el presupuesto adecuado. Por ello es que se trabajaba en diferentes frentes, para no limitar el desarrollo nuclear a las posibilidades del presupuesto público. Buscaba la aprobación de un canon nuclear. También trataba de generar recursos propios con la prestación de servicios. La necesidad de recursos para financiar los proyectos llevó a Miletich a proponer la conversión de la deuda pública en donación.

Los diversos proyectos del IPEN se desarrollaban gracias al apoyo de la cooperación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con el que el Perú, como la mayoría de los países del mundo, firmó un tratado según el cual las potencias que cuentan

con armas nucleares las puedan mantener, mientras que los otros se comprometían en no desarrollarlas ni adquirirlas. A cambio de esa renuncia, los países no nucleares reciben asistencia para aplicaciones pacíficas de energía nuclear.

Hans Nowak hacía un llamado para que los investigadores universitarios usen las instalaciones del IPEN en sus investigaciones, sobre todo en ciencia de materiales con  $n$  variantes. Sin embargo, durante la década de los 90s no hubo un solo equipo de científicos de la Universidad que haya usado las facilidades del IPEN para su investigación.

En definitiva, puede señalarse que la ciencia y la tecnología no han sido tomadas con la debida prioridad. Más aún, algunos proyectos en los que se utilizaron los pocos recursos que otorgaba el Estado no concluyeron. Aquellos proyectos que fueron establecidos con mentalidad comercial fracasaron, mostrando que las decisiones fueron tomadas sin una visión cabal de la realidad. Cabe señalar que se brinda servicios limitados de radiografía industrial, calibración de fuentes de rayos X y de bombas de cobalto, hidrología isotópica, y medicina nuclear.

### **2.13 Rol del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), alcanzó su más alto nivel de influencia en el período 85 - 90, bajo la dirección del Dr. Carlos Del Río. Su presupuesto llegó a 15 millones de dólares en un año, cinco veces más que el del 2000. Con este presupuesto subvencionó numerosos proyectos de investigación en los diversos campos de la ciencia y la tecnología. En ese período, con apoyo de CONCYTEC, se realizó numerosos seminarios, conferencias y cursos sobre ciencia y tecnología. Se llevó a cabo estudios sobre el estado de la ciencia y la tecnología, los que coincidían en resaltar la

necesidad de incrementar el potencial humano en ciencia y tecnología.

Del Río propuso implantar zonas francas, por lo menos una. La meta era usar el talento para alcanzar el desarrollo. Hasta ahora no hay tal zona franca. Más aún, hoy, el libre mercado aplicado en todos los campos, aleja esa posibilidad

Desde 1998, el CONCYTEC ha repetido el esfuerzo de estudiar la realidad científica y tecnológica obteniendo los mismos resultados que los trabajos anteriores. Respecto al potencial humano puede mencionarse que existe:

- promoción de las tareas administrativas en instituciones científicas, a través de remuneraciones privilegiadas en comparación con las correspondientes a la investigación, dando como resultado malas remuneraciones para los investigadores,
- falta de exigencia de publicaciones para mantener la carrera de investigación o de profesor universitario,
- ausencia de la carrera del investigador,
- falta de experiencia de los directivos en los procesos de investigación científica y tecnológica.

Como resultado de esta realidad, se tiene:

- falta de motivación para seguir carreras relacionadas con la investigación científica y tecnológica,
- escasez de potencial humano altamente calificado,
- escasez de resultados científicos y tecnológicos significativos, competitivos en el ámbito internacional,



- falta de información científica sobre los recursos naturales,
- falta de productos competitivos en el mercado internacional,
- escasez de recursos económicos, la que no permite remunerar adecuadamente a personal altamente calificado, lo que lleva al punto inicial del círculo vicioso.

### **2.14 Motivos para una Ley de Promoción de la inversión en desarrollo tecnológico**

El Dr. Rafael Urrelo, presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso (1997-1998 y 1999-2000), presentó un proyecto de Ley de Promoción de la inversión en desarrollo tecnológico. El Dr. Urrelo recuerda que los 293 millones de soles invertidos en 1996 en ciencia y tecnología significan el 0,22% del PBI, muy por debajo de lo que ocurre en otros países de América. El sector privado tampoco muestra interés en el tema: como indicio, Urrelo hace notar que la participación de este sector en ciencia y tecnología, en 1980 fue del 20%. En Corea, como caso de comparación, la participación del sector privado en el rubro pasó de 3% en 1963 a 84% en 1994.

La consecuencia del desinterés estatal y privado por el potencial humano se ve en las cifras que presenta Urrelo: entre 1985 y 1993 emigraron aproximadamente 40 000 técnicos y profesionales para prestar su concurso calificado en otros países.

En ese contexto, las carreras científicas y tecnológicas no tienen la preferencia de los estudiantes universitarios. Esto se refleja en el hecho de que entre 1981 y 1989 sólo el 20,7% de los 14 546 bachilleratos otorgados por la Universidad fueron en ciencias

naturales y exactas y el 18,8% en ingeniería, mientras que el 60,5% correspondieron a las ciencias sociales y humanidades.

La falta de estímulo a la excelencia en universidades e institutos da como resultado un reducido porcentaje de doctores como profesores o como investigadores. Según los datos del INEI presentados por Urrelo, sólo el 13,9% de los docentes de las universidades estatales ostenta el grado de doctor, mientras que en las universidades privadas el porcentaje sube a 22,5%. La mayoría de los profesores en ambos casos cuentan sólo con el título universitario.

Datos de GRADE muestran que en 1996 existían 4 708 científicos e ingenieros dedicados a la investigación y desarrollo en ciencia y tecnología, siendo superado ampliamente por Argentina, México y, ligeramente, por Colombia y Cuba.

Respecto a la producción científica, entre 1980 y 1990, el Perú pasó de una producción de 4,3 a 6,6 publicaciones por millón de habitantes, mientras que Panamá y Argentina pasaron de 5,3% a 38,35% y de 46,5% a 60,4%, respectivamente.

En patentes, los datos de UNESCO presentado por Urrelo señalan que entre 1993 y 1997 el número de patentes/PBI en el Perú pasó de 0,2 a 0,3. La participación del Perú en ese número es de 10%, correspondiendo el resto de la contribución a patentes extranjeras registradas en el Perú. Este índice, ese mismo año, es 200 en Estados Unidos y 181 en Europa.

## **2.15 El papel del potencial humano en ciencia y tecnología**

Todos los estudios coinciden en señalar que el potencial humano es fundamental para cualquier programa de desarrollo de la ciencia y la tecnología. En realidad, el financiamiento de la

infraestructura física puede ser obtenido por equipos humanos altamente calificados y suficientemente incentivados, con conocimiento de las prioridades del Estado y de la empresa privada.

En el libro “La Ciencia en el Perú” Benjamín Marticorena (Friedrich Ebert Stiftung, 1998) muestra una serie de ejemplos en los que investigadores peruanos llevan a cabo exitosos proyectos de investigación con financiamiento extranjero. Ese apoyo llega porque los proyectos mencionados conforman el cuadro de prioridades de instituciones extranjeras. El tino de las instituciones financieras consiste también en confiar la dirección de los institutos ejecutores a científicos de alta calificación.

El ejemplo más impactante es el constituido por el físico Ronald Woodman, director del Observatorio de Jicamarca, quien ha recibido el Premio Edward Appleton 1999 por sus trabajos sobre la ionósfera y atmósfera neutra; con ello demuestra una de las tesis que el propio Woodman defiende: un buen científico con apoyo económico para sus investigaciones puede alcanzar el éxito. El Dr. Woodman es un excelente científico y ha realizado sus investigaciones en el Observatorio de Jicamarca, construido y sostenido por los Estados Unidos.

Estados Unidos escogió Jicamarca para construir la primera facilidad en el mundo dedicada al estudio de la ionósfera ecuatorial porque fundamentalmente en este lugar el campo magnético es horizontal a la superficie terrestre, lo que permite que la antena, allí construida, apunte en dirección perpendicular al campo magnético terrestre y, de esa forma, facilite mediciones atmosféricas. Además, el sitio está rodeado por montañas, lo que evita interferencias; y el terreno libre es suficientemente amplio para realizar experimentos especiales. Otro factor que debe ser tomado en cuenta, para el éxito de Jicamarca, lo constituyen las excelentes relaciones de colaboración que desde el principio tenían los científicos del

Instituto Geofísico –liderados por mucho tiempo por Alberto Giesecke– con los investigadores norteamericanos dedicados a este tema.

El observatorio de Jicamarca trabaja en concordancia con otras facilidades instaladas en el país y del mundo. La Universidad de Tromso ha donado un moderno magnetómetro. La Universidad Clemson opera instrumentos instalados en Arequipa para observar el cielo completo. En Piura se ha levantado un radar de la NOAA. En Ancón se cuenta con magnetómetro. En Punta Lobos se tiene un cohete de 50 km de rango; este cohete fue usado una vez por la NASA y otra por Alemania.

La contratación de profesionales de primer nivel se realiza a través de la corporación sin fines de lucro llamada Ciencia Internacional (CI), la que proporciona servicios al IGP para operar el Observatorio.

Como vemos, los proyectos de investigación que tienen éxito en el Perú son aquellos que se encuentran en los programas de investigación de países extranjeros, por lo que reciben el respectivo soporte económico. La pregunta que surge es ¿porqué el Perú no selecciona un tema prioritario de investigación científica y tecnológica y brinda el apoyo a un equipo de científicos para llevarlo a cabo?

En realidad, el Perú, en algún momento, decidió apoyar un gran proyecto de desarrollo científico y tecnológico cuando firmó un contrato con Argentina par construir el Centro Nuclear de Argentina. Este proyecto costó 150 millones de dólares, pero –como se recuerda en el libro “Secretos de Huarangal” (CEPRECYT, 1995) – el presidente del Perú, Ing. Alberto Fujimori, llegó a decir que se trata de un elefante blanco que no sirve para nada. ¿Cual fue el error?: mala política de tratamiento del potencial humano, dirigido con mentalidad militar, con investigadores de alta calificación con remuneraciones

muy por debajo de los que tienen “cargos de confianza”. En el IPEN se desperdició la oportunidad de un ejemplo de verdadero proyecto científico y tecnológico.

El presidente Alberto Fujimori no hizo otra cosa que describir el fracaso, pero no tomó las medidas para dirigirlo en buen rumbo. Sólo se limitó a “hacer una cruz” sobre el Centro Nuclear y brindar recursos para iniciar otros proyectos con menores recursos pero sin cambiar la naturaleza de dirección del instituto.

### **2.16 Comisión de Política Científica y Tecnológica (COMPOL-CYT) de la CONFIEP**

Preocupada por elevar la competitividad de las empresas nacionales con las de países que luchaban por el mercado internacional con mayor agudeza a partir de los 90s, en junio de 1994, la Confederación Nacional de Instituciones Empresariales y Privadas (CONFIEP) fundó la Comisión de Política Científica y Tecnológica (COMPOLCYT) con la presidencia del Ing. José Valdez.

La idea central de José Valdez estaba centrada en la hipótesis de que, el conocimiento debe estar presente en todas las actividades productivas y no productivas de la Sociedad. Esa ha sido la condición necesaria para el desarrollo de los países más avanzados. Por consiguiente, José Valdez planteó la necesidad de una alianza entre la Empresa, el Estado y la Academia (que incluye no sólo la Universidad sino toda la institución educativa del país), a fin de promover la cultura del conocimiento para competir, y así la sociedad pueda alcanzar un mayor nivel de bienestar. El presidente de la Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología (SOPECYT) fue invitado por el presidente de COMPOLYT a participar esta comisión.

Los objetivos de la comisión eran:

- crear una conciencia nacional sobre la importancia de aplicar el conocimiento a la producción de bienes y servicios;
- reconocer que el conocimiento aplicado a la producción se llama tecnología, la que se sustenta en el conocimiento científico, por lo que Ciencia Tecnología y Producción deberían estar unidas, en un solo concepto;
- reconocer que la investigación científica y tecnológica deben estar orientadas hacia el apoyo a la competitividad de la producción;
- crear sinergias de operación y gestión, las que se basan no sólo en sistemas y conocimiento sino en la ética del buen comportamiento, lo cual contribuye a crear confianza, elevando considerablemente la velocidad de las transacciones, reduciendo así los costos;
- crear una cultura de ahorro (en el ámbito de toda la población) y de correcta inversión.

Según Valdez, estos principios deben dar origen a una nueva cultura, la que conducirá al Perú a reducir el déficit de balanza comercial y de pagos, a través de la disminución del ritmo de crecimiento de las importaciones, y el aumento del ritmo de crecimiento de las exportaciones

Por tanto, se decidió que la tarea de COMPOLCYT fuera introducir en la cultura nacional el lema:

CIencia TECnología PROducción + Buen Comportamiento + Ahorro =

Competitividad > Prosperidad > Bienestar.

El lema resumido fue entonces:

CITECPRO + Buen Comportamiento + Ahorro = Competitividad > Prosperidad > Bienestar.

También se confirmó la idea de José Valdez en el sentido de que, para lograr eficacia en el desarrollo de CITECPRO, era necesario crear una alianza y cooperación entre tres columnas de la sociedad responsables de liderar el desarrollo económico y social del país, las cuales debían interactuar en consenso y armonía, a fin de crear una sinergia de desarrollo. Estas columnas están constituidas por:

- el Estado, que promueve y orienta el desarrollo dando las normas legales correspondientes;
- la Academia, que conserva y origina conocimiento general distribuyéndolo y formando profesionales;
- la Empresa, que desarrolla y aplica tecnología para la producción de bienes y servicios y que, al competir, demuestra que su tarea combinada con la de la Academia, y la del Estado, es apropiada para competir en el mercado abierto.

El Plan general para COMPOLCYT contiene 4 aspectos:

- difundir en el ámbito nacional la cultura de “CITECPRO Una necesidad Nacional”;
- contribuir a crear la Alianza Estado-Academia-Empresa;
- contribuir a la preparación de un Plan Indicativo de Desarrollo Científico y Tecnológico Peruano;
- estimular el fortalecimiento de una interacción Universidad-

## Empresa en el ámbito nacional.

En ese marco, COMPOLCYT logró que VII Congreso de Empresarios de CONFIEP (llevado a cabo el 22 y 23 de junio de 1995), fuera dedicado exclusivamente a reflexionar sobre “CITECPRO: Una Necesidad Nacional”, el que surgió como consenso del congreso.

En el congreso se presentó numerosos ejemplos en los que el conocimiento ha dado lugar a la riqueza de los países. En esa ocasión el economista Carlos Abeledo, del BID, sugirió a José Valdez promover un préstamo del BID para desarrollo tecnológico, para lo que era necesario que el MEF solicitara la inclusión de este tema en la próxima reunión de programación.

La nota dramática la puso el Ing. Roque Benavides, en su trabajo “La Tierra se Convirtió en Oro”. Benavides mostró que la mina Yanacocha, a pesar de ser conocida por siglos y considerada como yacimiento de baja ley, pasó a ser el principal productor de oro del Perú, gracias a la aplicación de la más reciente tecnología de explotación y beneficio de ese metal.

El Viceministro de Industria, Jaime García, se integra al COMPOLCYT, el que intensifica las actividades de su subsector en relación con el tema CITECPRO. El tema “Porqué CITECPRO” fue presentado al presidente Alberto Fujimori, a grupos de profesionales y académicos en diversos certámenes relacionados con el tema.

En diciembre de 1996, en el marco de la 2da Reunión del Programa Bolívar en Arequipa, se presenta a Enrique Iglesias, Presidente del BID, el documento – **“Perú: Programa de Ciencia Tecnología y Producción Para Competir, Programa CITECPRO”**, que contempla una inversión que asciende aproximadamente a 240 millones de dólares americanos. El



financiamiento estaría a cargo del BID, de los prestatarios, y del gobierno. La entrega fue hecha por el Ministro del MITINCI, Ingeniero Gustavo Caillaux, acompañado de la Viceministra de Industrias Sra. Agnes Franco, así como del Presidente de CONFIEP, Dr. Jorge Picasso, y del Ingeniero José Valdez, presidente de COMPOLCYT. La respuesta del doctor Iglesias fue inmediata y positiva, ya que otros países como Chile, Ecuador, Colombia, Brasil, tienen programas financiados por el BID, similares al sugerido por el MITINCI.

Algunos países ya han repetido, con éxito, solicitudes al BID para el financiamiento de planes de desarrollo científico y tecnológico. Sin embargo, para obtener el préstamo, es necesario que el Ministerio de Economía y Finanzas incluya lo incluya en la agenda anual de programación de préstamos que el Gobierno Peruano sostiene con el BID.

El Congreso de la República, decidió formar la Comisión de Ciencia y Tecnología en 1997, presidida por Rafael Urrelo Guerra, y conformada por Carlos León Trelles, Luis Campos Baca, Jubert Chávez Serrano, Gustavo Flores Flores, Luis Chu Rubio, Víctor Coral Pérez, Róger Guerra García, Alejandro Santa María Silva y José Gabriel Sánchez Vega (accesitario).

La Comisión del Congreso decidió preparar una nueva Ley de Ciencia y Tecnología.

Dos miembros de COMPOLCYT, formaron parte del grupo asesor de la Comisión del Congreso.

COMPOLCYT recibió el borrador preparado por la Comisión del Congreso y lo estudió en 16 sesiones durante los primeros meses de 1998, emitiendo un informe que elevó a la presidencia de CONFIEP, que lo transmitió a la Presidencia del

Congreso.

Durante los meses de abril de 1994 a diciembre de 1997, COMPOLCYT asistió a varios foros convocados por la Comisión del Congreso, la Asamblea Nacional de Rectores y varias instituciones que reúnen a investigadores, científicos y tecnólogos.

El trabajo de COMPOLCYT sobre el análisis del proyecto Ley se ha venido realizando a pesar de que José Valdez consideraba que no era necesaria una nueva ley para el progreso de la Ciencia y la Tecnología como instrumento estratégico para competir. Sin embargo, la expectativa de una nueva ley daba origen a un debate entre el sector académico, el gobierno y la empresa que sería muy bueno para fijar una orientación común, razón por la que no dudó en comentar la ley y participar en los debates que se suscitaron.

En el período 1998-1999 la presidencia de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso fue asumida por Edith Mellado. El proyecto sufrió una serie de modificaciones y finalmente se ha venido postergando por las distintas opiniones encontradas entre distintos sectores, que no es el empresarial. En el período 1999 – 2000, Rafael Urrelo es elegido nuevamente presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso de la República, pero tampoco se logró la aprobación de la ley de promoción de la ciencia y la tecnología.

Cabe mencionar que la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso, en el 2000, ha logrado la aprobación de la Ley de Centros de Innovación Tecnológica, la que promueve la innovación, la calidad y la productividad en la industria nacional.

En resumen, respecto a la Cultura de “CITECPRO Una Necesidad Nacional”, ésta se ha difundido entre el Poder Ejecutivo, la Academia –investigadores sino también a los profesores universitarios y grupos de estudiantes– el Congreso de la República y el Colegio de

## Ingenieros del Perú.

Existe la necesidad de orientar la ciencia y la tecnología hacia el apoyo a la Empresa Peruana, para que compita en el mercado abierto, y, de esa forma, se pueda reducir paulatinamente la importación de manufacturas y aumentar la exportación. En esta dirección hay consenso entre la Academia el Gobierno y la Empresa (representada por COMPOLCYT).

Respecto a la interacción Universidad-Empresa, como estrategia clave de competencia, hay consenso sobre la idea de que es fundamental para usar mejor nuestros recursos existentes en ambas instituciones, creándose valiosas sinergias de mutuo beneficio.

Respecto al papel de CONFIEP, ha quedado claro, ante la Academia y el Estado, de que los empresarios son los primeros interesados en el desarrollo científico y tecnológico para competir. Hoy en día, no hay reunión sobre el tema donde no se invite a COMPOLCYT a participar activamente.

El camino está preparado para que el Perú elabore un Plan Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

### **2.17 Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología**

En 1989, preocupados por el éxodo masivo de científicos e ingenieros, investigadores de institutos y universidades fundaron la Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología (SOPECYT) con el propósito de promover medidas que frenen esta “fuga de cerebros”. La SOPECYT organizó una serie de certámenes que dieron lugar a un proyecto de ley sobre la carrera del investigador, el que fue presentado al Presidente de la República Peruana, Ing. Alberto Fujimori. Este proyecto pretendía lograr remuneraciones adecuadas a los

profesionales y científicos que se dedicasen a la investigación científica y tecnológica, en proyectos definidos por los institutos y universidades.

El proyecto fue derivado al CONCYTEC, el que realizó una serie de reuniones con los institutos de investigación científica y tecnológica para elaborar la versión final del proyecto. No hemos recibido respuesta oficial sobre el tema, aunque queda claro que el tema no es de interés para el Gobierno.

Por otro lado, la SOPECYT coordinó reuniones con representantes de los institutos y se gestionó con éxito que en la constitución de Estado se reconozca que “Es deber del Estado promover el desarrollo científico y tecnológico del país”.

El presidente de la SOPECYT participó como invitado, desde su fundación, en COMPOLCYT. Asimismo, fue convocado a conformar para del Grupo Asesor Externo de la Comisión de Ciencia y Tecnología (1997 – 1998) del Congreso de la República, en cuyo seno se promovió la idea de recuperar los recursos humanos en el campo de la ciencia y la tecnología para que trabajen en beneficio del país.

La SOPECYT, con el objetivo de recuperar el potencial científico y tecnológico que trabaja en el extranjero, organiza cada primera semana de año el Encuentro Científico Internacional (ECI), en colaboración con instituciones que apuntan en el mismo sentido. En 1997, este encuentro se organizó con el CONCYTEC y el año 1998 se realizó en colaboración con la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso de la República. En 1999 lo realizó con el Centro de Preparación para la Ciencia y la Tecnología (CEPRECYT) y en el 2000 con la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso de la República.

## **2.18 Centro de Preparación para la Ciencia y la Tecnología**

En la perspectiva de conformar cuadros científicos y tecnológicos de primer nivel internacional para el próximo siglo –lo que sólo se puede lograr formando niños que tengan gusto por la ciencia y la tecnología– en 1992 se fundó el Centro de Preparación para la Ciencia y la Tecnología (CEPRECYT). Sobre la base de la experimentación, en el CEPRECYT, los niños adquieren aptitudes científicas y tecnológicas.

El CEPRECYT, en su objetivo de promover la ciencia y la tecnología en la sociedad, organiza cada tercer sábado de diciembre la “Fiesta de la Ciencia”. En este certamen, los institutos científicos y tecnológicos presentan experimentos demostrativos de sus avances. El año 1999, la Municipalidad de Miraflores no dio la autorización para llevar a cabo ese evento.

Cumpliendo sus objetivos de promoción de la ciencia y la tecnología, en colaboración con el Instituto de Ciencia y Tecnología (ICT) de la Universidad Particular Ricardo Palma, organizó el Foro “Educación, Ciencia, Tecnología e Industria para el año 2010”. El ICT, dirigido por el Ing. Gerardo Ramos, ha sido creado para promover la ciencia y la tecnología. En el tema de educación participaron como expositores el Prof. León Trahtemberg y el Prof. Gerardo Ayzanoa y como panelistas el Dr. Víctor Latorre, el Dr. Manuel Iguíñez (TAREA) y la Dra. Carmen Coloma (decana de la Universidad Católica del Perú). En el tema de ciencia y tecnología e industria participaron el Dr. Rafael Urrelo y la Dra. Luz Doris Sánchez, congresista electa. Como panelistas en este tema participaron el Ing. Francisco Sagasti (Agenda Perú), el Dr. Benjamín Marticorena y el Dr. Modesto Montoya (CEPRECYT).

En el foro arriba mencionado, se reiteró la necesidad de un

marco legal promotor de una educación tendiente a la formación de una generación creativa, crítica y empresarial, para resolver los problemas fundamentales del país, cuya mayor expresión es el desempleo. Se reiteró también la necesidad de promover el uso de los conocimientos científicos y tecnológicos en la industria, para que el país salga de su estado de exportador de materias primas, sin valor agregado, e importador de tecnología costosa. Para ello, se planteó la necesidad de una reforma educativa, tendiente a una formación integral, en la que la experimentación científica y las creaciones tecnológicas tengan un rol preponderante.

## **2.19 Conclusiones**

En la década de los 90s se la logrado difundir, en los diversos sectores de la sociedad, los conceptos relacionados con la ciencia, la tecnología y la industria. Hoy es común que partidos políticos, organizaciones empresariales, sectores académicos y organismos privados, sostengan que, para lograr el desarrollo, es necesario que se invierta en ciencia y la tecnología. Desde hace casi diez años hemos venido estrechando lazos de colaboración para establecer propuestas adecuadas. Con la Comisión de Política Científica y Tecnológica (COMPOLCYT) de la CONFIEP, se inició un proceso de toma de conciencia, el que terminó con la idea de elaborar de un proyecto científico y tecnológico para la industria. Este proyecto fue impulsado por el Ministerio de Turismo, Industria y Comercio e Integración (MITINCI). Sin embargo, hasta el 2000 no se logró la aprobación de ese proyecto, el que se ejecutaría con un préstamo del BID, préstamo similar a los que han tenido nuestros vecinos, y en varias oportunidades.

Apoyamos la Ley de Promoción de la Ciencia y la Tecnología ante la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso. Sin embargo, por diversas razones, ésta no ha sido aprobada. Sabemos que esa

decisión tiene que ir acompañada de recursos para lograr los objetivos. Corresponde entonces al Gobierno de tomar esa decisión. Naturalmente, dado que se trata de incentivos al sector privado, éste deberá invertir, con los riesgos que ello conlleva.

En realidad, todas las propuestas hechas por los expositores en el “SICITI 2 000” siguen teniendo un significativo grado de validez en su respectivo campo. Sin embargo, es claro que las oportunas decisiones políticas en ciencia y tecnología –que debieron tomarse hace 10 años– pudieron haber significado pasos decisivos para acelerar la marcha hoy en día.

Lo que se ha avanzado en el papel hay que concluirlo. Es imprescindible comenzar a ejecutar el proyecto de ciencia y tecnología.

La Universidad debe hacer investigación en temas relacionados con la industria, pero también debe investigar temas estratégicos para el desarrollo del país. La Universidad es creadora de riqueza, a través de la generación de conocimiento. Los temas de investigación deberán considerar cosas nuevas, en las que tengamos ventajas competitivas para competir en el mercado.

Las empresas supervivientes de la crisis tienen que investigar, para lo cual el Estado debe incentivarlas, promoviendo el desarrollo de productos tecnológicos nuevos.

Todo esto ha sido repetido innumerables veces. Por ello, concluiríamos parafraseando a Gerardo Ramos: “Hace 40 años venimos preguntando qué hacer y durante 40 años se ha respondido lo mismo: es necesario decisión política en ciencia y tecnología”.

La decisión política fundamental tiene que ver con el potencial humano. La decisión que debe tomar el Estado es muy simple, pero

aparentemente es difícil para los gobiernos. Se trata simplemente de ofrecer condiciones estimulantes para atraer investigadores altamente calificados.



### **3 Los temas de investigación en países desarrollados**

#### **3.1 Introducción**

En el informe sobre el desarrollo mundial “El Conocimiento al Servicio del Desarrollo” del Banco Mundial, puede verse algunos párrafos referentes a la importancia que reviste el conocimiento:

“El conocimiento de asemeja a la luz. Su ingravidez e intangibilidad le permiten llegar sin dificultad a todos los confines e iluminar la vida de los seres humanos en todo el mundo. A pesar de ello, miles de millones de personas viven todavía sumidas –sin ninguna necesidad– en la oscuridad de la pobreza”.

“Lo que distingue a los pobres –sean personas o países– de los ricos es no sólo que tiene menos capital sino también menos conocimientos. Con frecuencia, la generación de conocimientos es costosa, por lo que suele producirse en los países industriales. Pero las naciones en desarrollo pueden adquirir conocimientos en otros países, y también crearlos ellas mismas. Hace cuarenta años, la República de Corea y Ghana tenían prácticamente igual ingreso per cápita. En cambio, a principios del decenio de 1990, el ingreso per cápita de la República de Corea era seis veces mayor que el de

Ghana. En opinión de algunos, la mitad de esa diferencia obedece al mayor acierto con que aquella ha sabido adquirir y utilizar los conocimientos”.

En tal sentido, si un Gobierno de un país pobre quiere dar los primeros pasos para alejarse de la pobreza debe tomar la decisión de dar prioridad a la adquisición de conocimiento, uno de cuyos componentes principales es la investigación científica y tecnológica.

Estos párrafos extraídos del mencionado informe del Banco Mundial nos sugiere que debemos estar informados de las investigaciones que se llevan a cabo en los países industrializados; y orientarnos hacia investigaciones apropiados para no abandonar, definitivamente, el pelotón de países viables en el siglo XXI.

Pensando en ello, este documento presenta un informe resumido de las investigaciones científicas y tecnológicas cuyos resultados han sido publicados en la revista Scientific American (la que en adelante la representaremos con las siglas SA), durante los últimos dos años del siglo XX. Para ello, la información está clasificada en las disciplinas siguientes:

Evolución de la vida,  
Ingeniería genética,  
Cerebro,  
Medicina,  
Vida animal,  
Medio ambiente y ecología,  
Cosmología,  
Física de partículas,  
Física atómica y nuclear,  
Geofísica,  
Carrera espacial,

Telecomunicaciones,  
Desarrollo de materiales y dispositivos,  
y Matemáticas y simulación.

### **3.2 Evolución de la vida**

#### **Los elementos básicos para la vida vienen del espacio**

Entre los compuestos que traen los cometas se ha encontrado algunos que sirven como sustancias iniciales de la vida en la Tierra. Ello apoya la hipótesis según la cual la vida tendría su origen en los cometas.

Las sustancias que estuvieron presentes en el sistema solar, hace 4,5 mil millones de años, formaban una nube oscura y fría de polvo y gas. Sin embargo, en ese tiempo, la Tierra estaba demasiado caliente para dar origen a la vida. Hace 4 mil millones de años, era común la ocurrencia de impactos con objetos tan grandes como el planeta Marte. Uno de esos impactos pudo dar lugar a la luna, como un pedazo arrancado a la Tierra. El descubrimiento de microfósiles que vivieron hace 3,5 millones de años sugieren que entonces la vida florecía (Max P. Bernstein, Scott A. Sandford y Louis J. Allmandola, SA, 07/1999), la que podría entonces haber tenido origen en el material traído por los cometas.

Desde que Charles Darwin, planteara la teoría de la evolución de la vida, innumerables métodos han sido usados para estudiar el árbol de la vida. Varios de esos métodos se basan en el estudio de la anatomía y la fisiología. Otros se basan el estudio de las células. En los años 1960s, Emile Zuckerkandl y Linus Pauling del Instituto Tecnológico de California, revolucionaron esta

disciplina, introduciendo el estudio genético. Así nace la filogenia, basado en análisis de los genes, compuestos de secuencias únicas de nucleótidos, los que generan proteínas específicas, las que consisten de cadenas particulares de aminoácidos.

Las mutaciones genéticas pueden dar lugar a dos especies, que con el transcurrir del tiempo tendrán mayores divergencias genéticas. La filogenia trata de establecer el árbol de mutaciones que ha llevado al estado actual de las especies vivientes (W. Ford Doolittle, SA, 02/2000).

### **Rastros bípedos fósiles**

El descubrimiento, en 1978, y el detallado estudio, en 1996, de huellas de rastros de caminatas humanoides que datan de 3,4 a 3,8 millones de años, hacen pensar que desde entonces eran bípedos. Esto revoluciona el conocimiento sobre la evolución de la humanidad (Neville Agnew y Martha Demas, SA, 09/1998).

Por otro lado, a mediados de los 80s, había dos teorías sobre el origen del hombre. Una era la llamada Multiregional, la que sostenía que hace unos dos millones de años surgió una sola especie, la que se dispersó a través del viejo mundo, y que luego se convirtió en los diversos grupos humanos. La otra teoría era la llamada teoría Fuera de “Africa”, la que sostiene que, producto de la evolución, “Eva” surgió hace unos 200 000 años, en Africa, y que sus descendientes fueron poblando la tierra, reemplazando a otras especies, como el Neanderthals y humanos arcaicos.

Trabajos basados en la biología molecular –análisis del ADN mitocondrial– apoyaban la teoría Fuera de Africa. Sin embargo, recientemente, se han presentado dudas la validez del trabajo. En consecuencia, sigue trabajándose sobre el tema basado

en los restos fósiles (Kate Wong, SA, 08/1999).

### **Cuando no estuvimos solos**

Ian Tattersall, del Museo Americano de Historia Natural, plantea (SA, 01/2000) la hipótesis de que hace 1,8 millones de años, en lo que hoy es el norte de Kenya, habría convivido cuatro tipos de homínidos. Aunque no se tiene idea si estos homínidos interactuaron, y la forma en la que lo hubieran hecho, se sabe que ellos se alimentaron en una misma área que rodeaba el lago Turkana. Los tipos de homínidos fueron el *Paranthropus Boisei*, el *homo rudolfensis*, el *Homo habilis* y el *Homo ergaster*.

El *Homo habilis* fue llamado así porque fue constructor, hace 1,8 millones de años, de las herramientas de piedra encontradas en Tanzania. Este homínido daba formas la filudas flechas. El *Homo rudolfensis* tenía un cráneo más pequeño que el *Homo habilis*. El *Homo ergaster* tenía un cuerpo similar al hombre moderno y comía carne. El *Paranthropus boisei* tenía mandíbulas masivas y grandes muelas apropiadas para dietas vegetarianas.

### **Diversas facetas de la evolución**

La evolución ha sido investigada en diversas facetas. Estudios en las aguas claras del lago Tanganyika muestran una variedad de especies de peces que hacen pensar que el origen de las especies puede ser más rápido de lo que se cree (McLanie L. J. Stiassny y Axel Meyer, SA, 02/1999).

Steven Pinker del MIT, basado en diversas teorías evolucionistas ha planteado que el lenguaje tiene bases en la evolución. Los niños tienen una facilidad innata para el lenguaje, la que debe ser estudiada en el marco de la evolución.

Un ejemplo de las consecuencias de la evolución es el ojo, que es una adaptación funcional lograda a través de la selección natural. Lo mismo puede decirse de habilidades para enamorarse, lo que podría ser explicado como una necesidad para proteger a los recién nacidos para lograr su supervivencia, y, por lo tanto, asegurar la supervivencia de los genes de los enamorados.

Pinker también explica una variedad de fenómenos, como el disgusto ante la idea de comer gusanos, el ser proclive a la autodecepción, el porqué los hombres compran pornografía y las mujeres no lo hacen (Alden M. Hayashi, SA, 07/1999).

### **Enfermedades genéticas**

En la última década se ha intensificado los estudios sobre la genética del ser humano, sobre todo la referida a las enfermedades. Estudios sobre la evolución de la especie humana muestran los orígenes de varias enfermedades. El ADN dirige el desarrollo de 10 billones de células con las que se construye el ser humano adulto. Estas células se deterioran paulatinamente hasta producir la muerte. La biología evolucionista nos da luces sobre estos aspectos del ser humano (Randolph M. Nesse y George C. Williams, SA, 11/1998).

### **3.3 Ingeniería genética**

#### **Herencia genética e inteligencia**

Uno de los aspectos más controversiales del estudio de la herencia genética es el que corresponde a la inteligencia. Se ha estudiado el componente genético de las capacidades intelectuales, especialmente tomando los casos de hermanos gemelos y hermanos mellizos. El resultado muestra que, intelectualmente, los hermanos gemelos tienen mayores similitudes entre sí que los mellizos entre sí.

En el campo de las capacidades intelectuales, cabe señalar que James R. Flynn afirma que el coeficiente intelectual en el mundo desarrollado sigue aumentando por más de cincuenta años (Marguerite Holloway, SA, 01/1999). Ello es una muestra de que, si bien hay una base genética, el coeficiente intelectual es potenciado por las condiciones de vida, básicamente alimentación y estímulos intelectuales.

### **Ratones inteligentes**

Las bases genéticas de la inteligencia son motivo de diversos estudios. Para mayor facilidad en el estudio de esas bases se realiza experimentos de manipulación genética con animales. Según Ken Howard (SA, 11/1999), el biólogo Joe Z. Tsien y sus colegas han aumentado la inteligencia de un ratón añadiendo un gen durante la etapa de desarrollo de cigoto. Una vez adulto, el ratón desarrolló actividades que involucran el aprendizaje, y mostró un cambio fisiológico en el hipocampo, una región crítica para la memoria.

El gen insertado creó mayor cantidad de la sub unidad de proteína llamada NR2B, la que es parte de un complejo de proteína que forma el receptor NMDA, un canal situado en la superficie de las neuronas cerebrales. La investigación indica que la apertura del canal –impulsado por el estímulo de dos neuronas – da lugar a una cascada bioquímica que tiene como resultado retención de memoria

y aprendizaje. Con este experimento se ha iniciado la manipulación genética que aumenta el NMDA en los mamíferos.

Como podemos imaginar, las proyecciones de la manipulación genética relacionada con la inteligencia hacen pensar que es posible aumentar las potencialidades intelectuales de los seres humanos. ¿Cuándo? A juzgar por la velocidad de los descubrimientos, esto no está muy lejos.

### **Aplicaciones de la genética**

Una técnica genética usada para modificar genes en animales ha logrado éxito en su aplicación a plantas. Este técnica llamada quimeroplastia, inventado por Eric B. Kmiec, de la Universidad Thomas Jefferson, consiste en hibridar ADN y ARN. Aunque se duda de sus resultados en células de mamífero, connotados científicos piensan que tiene grandes posibilidades de funcionar en plantas. En julio de 1999, July Ben Bowen y otros investigadores dieron detalles de cómo usaron el método de Kmiec para producir plantas de maíz resistentes a dos herbicidas comunes y les sugirió reparar un gen inactivo para las proteínas marcadoras fluorescentes.

Estas investigaciones, informadas por Tim Beardsley (SA, 10/1999) se presentan muy auspiciosas, sobre todo por que significan pequeños cambios en el ADN. Las compañías se aprestan a investigar nuevos productos.

Robert V. Miller, de la Universidad de Loyola en Chicago, ha descubierto que los genes viajan, más a menudo de lo que se creía, entre bacterias independientes. Los procesos implicados en estos procesos están ayudando para evitar los riesgos de contaminación ambiental con productos de la ingeniería genética (SA 01/1998).



La genética abre campos insospechados. Insertando nuevos genes en algunas especies de insectos puede frenarse algunas enfermedades infecciosas, beneficiar la agricultura y producir materiales innovadores (David A. O'brochta y Peter W. Atkinson, 12/1998).

Es pertinente mencionar que las plantas transgénicas pueden tener consecuencias inesperadas. Según un estudio publicado en la revista Nature, el polen del maíz modificado por ingeniería genética produce un pesticida natural que puede matar las orugas de la mariposa monarca. Esto ha generado un fuerte movimiento contra los productos modificados genéticamente (Gary Stix, SA, 08/1999).

Mario R. Capecchi, de la Universidad de Utah, ha logrado reemplazar segmentos de ADN en células con el fin de modificar su información genética y dar lugar a linajes diferentes de células u organismos. Esta técnica permite identificar genes a través de su expresión modificada. Así, se puede estudiar el rol funcional de cada gen (Gary Stix, SA, 08/1999).

El mercado de las flores también ha estado gozando de la ingeniería genética. Sin embargo, señala Roxanne Nelson (SA, 09/1999), uno de los efectos negativos de la hibridación es la pérdida del aroma de las rosas. Cada año ingresan al mercado 1 000 nuevas plantas híbridas, llegando actualmente a constituir el 70 por ciento de las plantas en el mercado. El objetivo de la hibridación es producir flores con mayor brillo, lozanía y variedad de colores, resistencia a las enfermedades y mayor vida. Los especialistas esperan que la ingeniería genética resuelva el problema que ha creado. La científica Natalia Dudareva, del Departamento de Horticultura y Arquitectura de Paisajes de la Universidad de Purdue, es una de las pocas científicas en este aspecto de la biología de plantas. Dudareva estudió los aspectos moleculares de la

fragancia, tratando de identificar el gen que generaba la fragancia. La científica espera hacer que el aroma regrese a las flores.

### **Clonación y orgagénesis**

En 1995, a partir de células de un embrión de 9 días, se genera dos clones de ovejas, a las que se las llamó Megan y Morgan. En 1997 nació Dolly, como producto de la clonación de células de una oveja adulta. Eso abrió posibilidades para el uso de la clonación, en otras cosas, para fines médicos.

Una de las posibles aplicaciones de la clonación es el crecimiento de órganos humanos en el cuerpo de un animal, y el trasplante de esos órganos en humanos. Otra posibilidad es la de producir animales con defectos genéticos para estudiar con mayor detalle las enfermedades genéticas, y buscar la forma de neutralizarlas. Las técnicas de clonación permiten, asimismo, la terapia genética, la que consiste en modificar o reemplazar células defectuosas del cuerpo humano (Ian Wilmut, SA, 12/1998).

Michael Shablott y John D. Gearhart, del Hospital de la Universidad John Hopkins, han logrado desarrollar células humanas hasta el rango de tejidos. Esta experiencia abre esperanzas para las víctimas de enfermedades degenerativas (Time Beardsley, SA, 06/1998).

Insertando células, modificadas por ingeniería genética, en la punta del capullo de las alas en un embrión de polluelo, se ha observado que crece un conjunto adicional de dedos. Ello ha permitido comprender la forma en la que crecen los miembros en los animales (Robert D. Riddle y Clifford J. Tabin, SA, 02/1999).

En noviembre de 1998 James A. Thomson, de la

Universidad de Wisconsin, logró aislar células germinales embrionarias de las gónadas en desarrollo de un feto. De ellos, Thomson está logrando que las células den lugar a tejidos específicos. Esto abre posibilidades al cultivo de tejidos humanos para reemplazar tejidos dañados en pacientes. También se ha obtenido resultados esperanzadores para generar tejidos cerebrales humanos, como extensión a experimentos en ratones (Tim Beardsley, SA, 07/1999).

### **Simulación de sistemas inmune**

Juergen Hammer y sus colegas en Hoffman-La Roche en Nutley (Estados Unidos) y en Milán (Italia), como en la Universidad de Saarland (Alemania), han pasado 7 años analizando cuáles antígenos interactúan y cuáles no interactúan con uno de los sistemas inmunes generales claves llamado HLA-DR existentes en centenares de formas variantes. Este es uno de los trabajos de simulación por computadora de los mecanismos moleculares del sistema inmune. El sistema inmune produce miles de proteínas diferentes cuyo trabajo es buscar los “infiltradores”, en cualquiera de los miles de millones de combinaciones diferentes.

Los infiltradores llevan un número igualmente colosal de identificadores moleculares. Ello produce un gigantesco número de combinaciones. El trabajo de simulación por computadora para la búsqueda de antígenos conlleva por ello un número elevado de experimentos.

### **Genoma Humano**

El proyecto más ambicioso y controversial que se desarrolla en el mundo es el Proyecto del Genoma Humano, que pretende analizar la herencia genética hasta los detalles moleculares. El aspecto indiscutiblemente positivo del proyecto es

el que concierne los genes responsables de enfermedades genéticas, cuya identificación haría posible el diagnóstico prenatal de potenciales enfermedades. La parte controversial del proyecto se refiere a las posibilidades de mal uso de tales informaciones, como patentar genes humanos y dar información a compañías aseguradoras sobre el código genético de los candidatos a un seguro.

Francis S. Collins, el científico que dirige el proyecto, obtuvo el estrellato en 1989, cuando, con sus colaboradores, utilizando una nueva técnica llamada clonación posicional, llegó a identificar el gen que, si mutaba, daba lugar a la fibrosis cística o mucoviscidosis. El famoso científico, quien trabaja 100 horas semanales, manifestó su estado de ánimo durante una conferencia interpretando la canción compuesta por él, titulada “Atreverse a soñar”.

El proyecto que comenzó en 1988 con un mapeo preliminar, desde 1996 pasó a ser un secuenciamiento a larga escala del ADN humano. Hasta principios de 1999, se había secuenciado sólo el 2 por ciento del genoma humano total. El objetivo de Collins es que el proyecto no cueste más de los 3 mil millones de dólares presupuestados para quince años.

El mapeo genético es el primer paso para la genómica funcional, la que tiene por objetivo traducir el mensaje que traen los genes en funciones dentro del cuerpo humano. Actualmente ya se han identificado las funciones de varios genes.

Collins manifiesta su satisfacción al saber que hay gente que se mantiene viva y que habría muerto sin pruebas genéticas que alertaran los problemas médicos. Entre ellos hay personas con cáncer hereditario al colon (SA, 02/1998).

Por otro lado, se ha mostrado que los negros norteamericanos están más propensos a la hipertensión que el resto de la población norteamericana, lo que sería un indicio de las bases genéticas de esta enfermedad (Richard S. Cooper, Charles N. Rotimi y Ryk Ward, SA, 02/1999).

Como se ve la investigación sobre el ADN comprende diversos aspectos. Se ha encontrado, por ejemplo, algunas pistas para saber porqué el ADN mitocondrial de los mamíferos viene sólo de la madre. Esto se debería a que el mitocondria que se desarrolla en el esperma lleva una proteína que lo destruye (Karen Hopkin, SA, 03/1999).

Asimismo, se ha identificado varias moléculas que distribuyen las posiciones de órganos, estructuras y orientaciones. Cuando estos factores están ausentes o son producidos en lugares equivocados, resultan varios problemas de salud. El entendimiento de la forma en la que funcionan esos factores se podrá prevenir o tratar las enfermedades correspondientes (Juan Carlos Izpisúa Belmonte. SA, 06/1999).

### **Competitividad en el secuenciamiento del genoma humano**

La competencia entre grupos dedicados al secuenciamiento del ADN humano genera algunas campañas publicitarias promotoras de reconocidos científicos. J. Craig Venter, director del Instituto para Investigaciones Genómicas de Rockville, y miembro de la empresa Celeroma Genomics, en 1998 anunció que una nueva técnica le permitiría completar el secuenciamiento de los tres miles de millones de bases que componen el ADN humano, en tres años, con un costo de 300 millones de dólares. J. Craig Venter no era un desconocido, en 1995 sorprendió publicando el primer

secuenciamiento del ADN de tres organismos vivientes (Tim Beardsley, SA, 08/1998).

En abril del 2000, la empresa Celera Genomics presentó su inventario genético. Impulsado por la competencia, en junio del 2000, el Proyecto Genoma Humano presenta el primer borrador de su inventario genético, el que está compuesto de 3 120 millones bases.

En junio del 2000 se estaba negociando un acuerdo entre el Proyecto Genoma Humano y la empresa Celera Genomics para una publicación conjunta del inventario completo del genoma humano. La colaboración de la Empresa Privada con el Estado va a acelerar el mapeo genético, cuyo resultado abre las puertas a una nueva etapa, en la que los secretos de la formación y la evolución de los seres humanos serán puestos al descubierto.

### **3.4 Cerebro**

El cerebro, órgano central de ser humano, ha sido objeto de profundos estudios multidisciplinarios. Estos estudios empezaron con las reacciones del ser humano ante una variedad de estímulos, y hoy han llegado a las imágenes internas, logradas con instrumentos físicos que permiten seguir las reacciones bioquímicas en el cerebro provocadas por esos estímulos. Veamos algunos aspectos de recientes investigaciones sobre este tema.

#### **Olores y memoria**

Marguerite Holloway informa (SA, 11/1999) sobre el trabajo que Rachel S. Herz realiza relacionando el olor y la memoria. Según los resultados de este trabajo, los olores estimulan la memoria sobre todo en lo que se refiere a emociones. Según

Herz, las mujeres tienen un mejor sentido del olfato que los hombres, y pueden oler a los compañeros que producen mayor variedad de anticuerpos. Herz sostiene que el olor es lo más importante en la selección de compañero, mientras que el hombre responde igualmente al olor y a la vista.

La investigadora busca profundizar el estudio de las diferencias sexuales y genéticas en la función del olor, cómo los estimulantes afectan la memoria y la emoción, actividad neuronal, lenguaje, olor, entre otros aspectos.

### **Desdoblamiento del cerebro**

Hace unos treinta años, para curar la epilepsia, se hacía operaciones quirúrgicas sobre el cuerpo calloso que separaba las dos mitades del cerebro. Se observó, entonces, que los pacientes tenían una suerte de desdoblamiento del cerebro, de forma tal que la visión de las cosas vistas por un campo visual no era transmitida a ambos lados. Hoy se ha descubierto que los dos hemisferios dominan aspectos diferentes del pensamiento y de la acción (Michael S. Gazzaniga, SA, 07/1998). Con los instrumentos avanzados de imagenografía, se está estudiando diversas características del funcionamiento del cerebro.

### **Formación de nuevas neuronas**

La degeneración de las neuronas tiene devastadores efectos en el cerebro. Sólo como ejemplo, mencionemos que las investigaciones sobre el síndrome de post polio paralítica sugieren que se produce por degeneración de neuronas motoras (Lauro S. Haslstead, SA, 04/1998).

Un descubrimiento sorprendente —que destruye un dogma— es la formación de neuronas en el cerebro de seres humanos

adultos. Este descubrimiento fue realizado por Fred H. Gage, del Instituto Salk, y Peer S. Eriksson, de la Universidad de Goeteborg (W. Wayt Gibbs, SA, 11/1998).

G. Kempermann y F. H. Gage informan que los cerebros humanos adultos generan neuronas rutinariamente, por lo menos en un sitio: el hipocampo, un área reservada a la memoria y el aprendizaje. Aún cuando el número de nuevas células en el cerebro es bajo, considerando otras observaciones en animales, el descubrimiento levanta sorprendentes proyecciones para la medicina (Gerd Kempermann y Fred H. Gage, SA, 05/1999).

### **Formación de sinapsis**

En el Laboratorio de Cold Spring Harbor, usando cerebro de ratas, se ha observado la formación de sinapsis que conectan las neuronas. Cuando se observó las dendritas neuronales –la entrada para los datos de las neuronas– se vio pequeñas extensiones de las dendritas como tentáculos.

Estas proyecciones –llamadas filopodia– aparecieron continuamente, cambiaron de forma y desaparecieron en unos minutos. Estimulaciones eléctricas generaron más filopodia e hizo que algunos crezcan más. En otros casos, se generaron bulbos, sugiriendo que se estaban convirtiendo en espinazos dendríticos, los que son estructuras que pueden ligar una dendrita a otra neurona vía sinapsis. Aún cuando no se ha observado directamente la formación de sinapsis, los resultados proporcionan la más clara idea de cómo se pueden formar las sinapsis.

### **La visión y la conciencia**

A través de la vista ingresa la luz que emiten o reflejan los



cuerpos, la que es procesada e interpretada por cerebro. La interpretación depende de los sistemas cerebrales, elaborados a lo largo de la experiencia y que conforman lo que conocemos con el vago término de conciencia. De modo que la manera en la que interpretamos las imágenes es una expresión de nuestra conciencia, la que es “el cristal a través del cual miramos las cosas”. Nikos K. Logothetis (SA, 11/1999), examina este tema empezando por preguntarnos sobre lo que vemos en su pintura “Las tres edades”. Con ello nos muestra que cada uno ve de acuerdo a lo que tiene en la conciencia.

Francis Crick y Christof Koch sostienen (SA, 09/1999) que el problema de la conciencia puede ser dividido en varios aspectos. Uno de ellos se expresa en una pregunta: ¿Cuál es la diferencia entre un proceso neurológico que se correlaciona con una experiencia de conciencia y aquellos que no lo hacen?.

La percepción visual nos da información acerca de la organización del cerebro entero y la forma de advertirnos sobre toda información sensorial. El estudio de las actividades neuronales en animales establece que la información visual que deja la vista asciende a través de sucesivas etapas de un sistema de procesamiento de datos neurológicos. Módulos diferentes analizan varias características del campo visual. Las informaciones más especializadas llegan más lejos en la trayectoria del proceso de la visión. Los estudios sobre el cerebro están dando una nueva visión acerca de su estructura y funcionamiento. Se sabe hoy que los estados de conciencia no sólo responden a señales sensoriales externas, sino que también a aquellas generadas internamente, las que representan aspiraciones basadas en la experiencia pasada.

Los científicos están empeñados en comprender los procesos cerebrales y las interacciones que dan lugar a las manifestaciones medibles de la conciencia.

## **Neurobótica**

La neurobótica es la actividad multidisciplinaria que, con ayuda de dispositivos de robótica, trata de recobrar movilidad de pacientes que sufrieron daños a la espina dorsal pero que mantienen las neuronas motoras en el cerebro.

La neurobióloga Mimi Zucker, da cuenta (SA, 11/1999) de los trabajos de John K. Chapin y sus colegas del Colegio Médico Hahnemann de Filadelfia, sobre el uso de neuronas motoras de rata para controlar un dispositivo para obtener premios de alimento. Ellos implantaron un cerebro de rata con un arreglo de 16 electrodos que podían registrar la actividad de alrededor de 30 neuronas a la vez. La simultaneidad es importante porque la actividad de una neurona no es específica a una contracción muscular en particular, de modo que no puede dar una dirección completa para el movimiento apropiado por él mismo. Luego, la rata fue entrenada para presionar una palanca para obtener el premio que era entregado por un dispositivo robótico.

## **Narcolepsia**

La narcolepsia es la enfermedad uno de cuyos síntomas es la cataplexia, es decir la pérdida completa del control muscular, lo que da lugar a la aparatosa caída de la persona, sin pérdida de la conciencia.

Otro síntoma de la narcolepsia es el insomnio que puede impedir que una persona duerma en 48 horas. A pesar de sufrir mucho sueño durante el día, el narcoléptico duerme muy poco en la noche. Aunque se restablecen después de una corta siesta, muy rápidamente se sienten cansados. Pueden caer dormidos en situaciones peligrosas, como por ejemplo cruzando una calle con

tráfico de vehículos.

Jerome M. Siegel, del Instituto de Investigación del Cerebro, de la Universidad de California, ha puesto en evidencia que la narcolepsia es debida a la degeneración neuronal en regiones del cerebro, relacionadas con el movimiento del cuerpo y los sueños.

Se ha encontrado el gen que cuando mutan se inicia la narcolepsia en perros. Por otro lado, hay indicios que la enfermedad es generada por un sistema autoinmune, que toma los tejidos del cerebro por extraños.

## **Autismo**

De cada 10 000 bebés, 16 nacen con autismo o un desorden relacionado. El autismo es un complejo desorden del comportamiento cuyos síntomas se presentan alrededor de los tres años de edad. Los niños con autismo no pueden percibir los estados emocionales de los otros, como la furia, la pena o el intento de manipular. Su lenguaje es muy limitado, por lo que tienen grandes dificultades de comunicación. A menudo manifiestan intensa preocupación en un solo objeto, actividad o gesto. A menudo el autismo es acompañado de retardo mental.

Patricia M. Rodier, de la Universidad de Rochester, ha encontrado fuertes indicios que el autismo es hereditario, en una forma bastante compleja (SA, 02/2000). Varias variantes de genes son las que contribuyen con el autismo. Los familiares de los autistas pueden presentar sólo algunas de las manifestaciones del autismo, sin llegar a ser totalmente autistas. Sin embargo, la observación de gemelos muestra que el medio puede influir en el autismo. En Inglaterra se ha mostrado que el hermano gemelo de un autista tiene el 60% de probabilidades para ser víctima del autismo

y 86% de presentar algunos de los desórdenes relacionados con esa enfermedad.

Experimentos con ratones transgénicos, en los que se reprimido la expresión del gen denominado *hoxal*, se observa daños cerebrales relacionados con el autismo. El gen *hoxal* es uno de los genes que menos variaciones ha sufrido en la evolución, siendo este un indicio que tiene ver con la supervivencia. Estos sufren mutaciones como los otros pero son fatales, de modo que no se hereda a las subsiguientes generaciones. La versión humana de ese gen es el *HOXAL1*, y reside en el cromosoma 7 y es relativamente pequeño.

Las investigaciones sobre el autismo son muy complejas. Aunque se está encontrando resultados prometedores, que mucho por alcanzar el punto de probables curaciones o precauciones para evitar este terrible enfermedad.

### **Detector de mentiras para espías**

El descubrimiento de que China obtuvo ilegalmente secretos nucleares de Estados Unidos ha llevado a las autoridades de este país a investigar la forma de detectar espías, lo que ha dado como resultado la instalación de pantallas de poligrafía. Los exámenes se harán con 5 400 empleados de los laboratorios de Sandia, Lawrence Livermore y Los Alamos. Esta decisión ha creado resentimiento entre los empleados. Algunos psicólogos como David T. Lykken señalan que no hay trabajos científicos publicados que demuestren que la poligrafía puede detectar espías. Más aún, un verdadero traidor puede aprender a engañar a la máquina.

Según describe Tim Beardsley (SA, 10/1999), el polígrafo mide la respiración, latidos del corazón y conductancia de la piel, los que cambian con la tensión producida por el hecho de mentir.

Las versiones modernas de polígrafos cuentan con computadoras con bases de datos sobre resultados engañosos, no concluyentes y verdaderos.

Aún cuando el empleo de la poligrafía resulta controversial, otras agencias como el FBI y la CIA lo han usado rutinariamente para examinar candidatos para empleos. Los que han fallado en el examen han protestado contra lo que consideran una injusticia. Esto hace pensar que la dudosa tecnología de detectar espías se estaría convirtiendo en una suerte de cacería de brujas del siglo XX.

### **3.5 Medicina**

La medicina recibe diversos aportes tecnológicos, producto de costosas investigaciones. Este avance aumenta el número de enfermedades que pueden ser tratadas. Paralelamente, año tras año, el costo de los tratamientos médicos aumenta. Los Estados Unidos son los que más gastan por este concepto. Respecto al PBI, los costos por tratamiento médico han pasado de 5,5% en 1960 a 14% en 1998 (Rodger Doyle, SA, 04/1999). En los países en desarrollo, sin embargo, los programas de salud no alcanzan a cubrir las necesidades médicas básicas.

### **Política de la Organización Mundial de Salud**

En julio de 1998, Gro Harlem Brundtland empezó su trabajo de Director General de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Brundtland ha creado 10 divisiones dirigidas a diversos tópicos, entre los cuales se tiene las enfermedades contagiosas, cambio social y enfermedades mentales, así como desarrollo sustentable y medio ambiente.

Uno de los primeros pasos que ha hecho Brundtland es

iniciar la guerra contra la malaria, de la que se tiene unos 300 millones de casos por año y la que ha venido aumentado en los últimos 15 años.

En Africa, la Malaria es más grave que el sida. Al respecto, Brundtland señala que eso muestra que el sida todavía no llega a su punto más grave. La OMS apoya investigaciones sobre la vacuna contra la malaria. Asimismo, la OMS ha iniciado también la guerra contra el tabaco, el que causa mucho sufrimiento y esfuerzos de los hospitales.

### **Aplicaciones genéticas en medicina**

El conocimiento de las funciones genéticas en los seres humanos está permitiendo el diagnóstico y tratamiento de enfermedades que era imposible de hacerlo con técnicas convencionales.

El análisis genético permite prevenir enfermedades. Por ejemplo, en los bancos de sangre de los Estados Unidos, la probabilidad de que el virus de HIV no sea detectado en una muestra de sangre es 1 sobre 676 000. Esta probabilidad es alta, si tenemos en cuenta que cada año hay 14 millones de unidades de sangre donadas. La hepatitis C puede pasar sin ser detectado con una frecuencia 7 veces mayor. Se busca métodos genéticos para lograr eficacia total en la detección de esas enfermedades en la sangre.

Es muy esperanzador que las particularidades genéticas de los grupos humanos ayuden hoy a visualizar medicamentos específicos para cada individuo (Gary Stix, SA, 10/1998), dando lugar a la farmacogenética.

También se puede controlar determinadas enfermedades. En el Centro para la Investigación Terapéutica se ha logrado ratones que engordan la mitad que sus congéneres. La diferencia reside en un solo gen, el que crea una enzima llamada fosfatasa tirosina-1B, o PTP-1B. Los roedores gordos tienen PTP-1B, mientras que los flacos no la tienen. Los gordos sufren también de altos niveles de azúcar, con indicios de tener diabetes tipo II. Este descubrimiento abre las posibilidades de controlar la obesidad y la diabetes mediante ingeniería genética (W. Wyat Gibbs, SA, 06/1999).

Hoy podemos referirnos a las vacunas genéticas. Un grupo de investigadores de la Universidad de Viena ha demostrado, en un ratón, una técnica que usa ARN para transferir ADN en el núcleo de las células, con el propósito de activar el sistema inmunológico (Tim Beardsley, SA, 02/1999).

Las vacunas genéticas más estudiadas consisten de plásmidos, pequeños anillos de ADN, originalmente derivados de las bacterias pero completamente incapaces de producir una infección. Los plásmidos usados para inmunización han sido alterados para portar genes, especificando uno o más proteínas antigénicas normalmente elaboradas por un patógeno seleccionado. Al mismo tiempo, ellos excluyen genes que podrían dar capacidad a los patógenos de reconstituirse y producir la enfermedad (David B. Weiner y Ronald C. Kennedy, SA, 07/1999).

El sida es la pandemia más temida del siglo. En 1998 se estimaba que cada día 16 000 personas se infectaban de SIDA y 90% de ellos son de los países en desarrollo. Científicos australianos y norteamericanos están buscando la vacuna contra esta enfermedad. Para ello usarán flujos atenuados del HIV o de un clon molecular, ADN que puede establecer infección viral.

El problema concierne a todo el mundo. En 1998 se

estimaba que el número de personas portadoras del virus de sida en Estados Unidos era 860 000; en el Caribe, 310 000; en América Latina, 1 300 000; en Europa, 530 000; en África del Norte y Cercano Oriente, 210 000; en Sur y Sureste asiático, 6 000 000; en Europa oriental y Asia central, 150 000; y en África sub sahariana, 20 800 000.

El tratamiento del sida es aún muy caro y complejo. Sin embargo, intensas investigaciones –las que incluyen la biotecnología– estaban dando resultados alentadores (reporte especial sobre el sida, SA, 9/1998). A fines de los 80s, investigadores sobre el sida, notaron que sus pacientes infectados con el virus durante 10 años no mostraban síntomas de la enfermedad. Algunos de estos pacientes tenían el virus del sida, faltándole partes de información genética. Ello levantó esperanzas para desarrollar la vacuna contra el sida.

Sin embargo, al menos dos pacientes, con un largo período sin manifestación del sida, han comenzado a sufrir los temidos síntomas. Ello pone en serias dudas sobre las posibilidades de la vacuna contra el virus del sida, basada en la extracción de algunos genes considerados como claves para el desarrollo de la enfermedad (Carol Ezzell, SA, 07/1999). A pesar de ello, las investigaciones continúan.

## **Proteómica**

Como producto del estudio del genoma (genómica) ha nacido la proteómica, una disciplina que investiga los procesos que comunican la información genética del ADN y sus productos finales (proteínas). El objetivo tecnológico de la investigación es desarrollar técnicas que identifiquen rápidamente el tipo, la cantidad y las actividades de miles de proteínas de la célula. Varias



empresas están en esa carrera. La empresa Oxford Glycosciences (OGS) en Inglaterra, por ejemplo, ha logrado técnicas automatizadas para estudiar partes del proceso (Gary Stix, SA, 07/1999).

La proteómica apunta a la producción de proteínas deseadas por sistemas biológicos no convencionales. Por ejemplo, se puede lograr que las vacas produzcan determinadas proteínas en su leche, convirtiéndolas en verdaderos bioreactores.

## **Hepatitis C**

Durante los años 30s y 40s, el estudio de la hepatitis en prisiones y instituciones mentales llevó a identificar dos tipos de transmisión. Una es por contacto con las heces de las personas infectadas, a la que se llamó hepatitis A. Otra forma observada fue la de la transmisión por la sangre, a la que se llamó hepatitis B. Luego se desarrolló pruebas para identificar la hepatitis A y hepatitis B. La hepatitis se manifiesta como inflamación del hígado; y el blanco de los ojos y la piel toman un color amarillento.

En los años 70s se observó tipos de hepatitis que no eran A ni B. Normalmente, el estudio hubiera requerido el uso de monos o chimpancés. Por múltiples razones hoy se presentan dificultades para experimentar con monos y chimpancés. Esto ha llevado a los científicos Michael Houghton y sus colegas de la Coporación Chiron, desde hace unos 15 años, a estudiar el virus con las técnicas de la biología molecular. Se ha logrado identificar el virus y desarrollar formas para atacarlo con éxito. Actualmente se ha intensificado las investigaciones con el apoyo del gobierno norteamericano.

Los tratamientos con interferón alfa para la hepatitis B y C cuestan 700 dólares al mes y tienen drásticos efectos secundarios, con efectos de frenado sólo en 30 y 40 % de pacientes. Hoy se está

produciendo medicamentos que, añadidos al interferón, aumenta la tasa de éxito en la limpieza del virus (W. Wayt Gibbs, SA, 03/1999).

## **Asma**

El asma es una inflamación crónica de las vías respiratorias en los pulmones, marcado por ataques de jadeos y respiración entrecortada. En 1980, alrededor del 3 por ciento de la población de Estados Unidos la sufrió; y en 1994 este porcentaje subió a 5,4. El predominio del asma en niños entre 5 y 14 años, aumentó de 4,3 a 7,4. El asma es ahora la mayor causa de ausencia escolar. El número de muertes por asma se ha triplicado en las dos últimas décadas, a más de 5 000 años al año. Todo ello, a pesar de que los medicamentos para este mal han sido mejorados (Mark Alpert, SA, 11/1999.).

Hasta ahora, los científicos no logran explicar el avance del asma en los países desarrollados. Se sabe que la tendencia al asma es hereditaria; que su inicio es asociado con exposición a sustancias alérgicas y que los pulmones asmáticos pueden ser adicionalmente irritados por la contaminación tal como el humo de tabaco. Pero no se sabe las razones de su incremento. El Gobierno Norteamericano presta hoy alta prioridad a la investigación sobre el asma.

## **Sangre sintética**

Los informes sobre la transmisión del sida por transfusión sanguínea, aún cuando la probabilidad es baja, han dado lugar a proyectos de investigación para disminuir los riesgos de contraer esta enfermedad (Mary Nucci y Abuchowski, SA 2/1998). Entre los temas de investigación que han llamado la atención se encuentra el de la búsqueda de un sustituto de la sangre. La sangre está

compuesta de células de sangre, sales y otras sustancias, tales como proteínas y vitaminas que están suspendidas en el plasma.

Las células de sangre comprenden los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas, constituyendo el 45 por ciento del volumen de la sangre. Para comprender la complejidad del problema, es necesario saber que un centímetro cúbico de sangre contiene entre 4,5 millones y 5,5 millones de glóbulos rojos, entre 7 000 y 12 000 millones de glóbulos blancos, y entre 150 000 y 400 000 plaquetas.

Estas células y compuestos realizan una serie de tareas: la sangre transmite nutrientes, hormonas y productos desechos; defiende el cuerpo contra infecciones; genera coagulación para evitar desangre. En la respiración, la sangre captura oxígeno y libera dióxido de carbono.

## **Xenotransplantes**

El trasplante de órganos de animales de otra especie ha sido estudiado desde hace mucho tiempo. Uno de los animales menos complicados para el trasplante de órganos hacia humanos es el puerco. Sin embargo, los puercos tienen virus, los que son la mayor fuente de temor público, sobre todo el retrovirus endógeno porcino (PERV). Los retrovirus endógenos están integrados en el ADN del huésped y no puede ser extraído. Otro virus es el virus de inmunodeficiencia simia, el que se cree que ha cruzado la barrera de las especies y haberse convertido en el HIV. Robin A. Weiss, del Instituto de Investigación del Cáncer de Londres, y sus colegas han mostrado que el PERV, in vitro, cruza la barrera de las especies. La pregunta crucial es saber si los PERV infectarían los xenoinjertos en humanos.

Para encontrar respuesta se ha probado con 160 pacientes

humanos que han sido tratados con piel de puerco, o isletas de células pancreáticas, o que su sangre ha perfundido fuera de su cuerpo en hígados, riñones o bazo. El resultado sorprendente fue que no hubo infección en ninguno de los pacientes, incluyendo 36 pacientes inmuno deprimidos. Más sorprendente aún fue la evidencia de que había células de puerco circulando en el cuerpo de 23 pacientes, demostrando que las células de los puercos pueden sobrevivir largo tiempo en el cuerpo humano. Según Arlene Judith Klotzko (SA, 11/1999), debido a los problemas bioéticos sobre el actual uso de células de embriones humanos, el xenotrasplante aparece como la mejor esperanza en el corto plazo.

### **Los peligros de pfiesteria**

El microorganismo unicelular pfiesteria piscicida ha sido identificado con la muerte de peces en varias regiones del mundo. Lo que causa mayor preocupación, es que se ha descubierto que este microorganismo produce tóxicos neurológicos aerolizados, que pueden hacer daño a los seres humanos. Los síntomas son sutiles y pueden ser atribuidos equivocadamente a otras razones. Por ejemplo, algunos problemas de respiración que pueden ser atribuidos al asma, ardor a los ojos o molestias en la garganta.

Los mencionados microorganismos son muy sensibles a las condiciones climatológicas. Se teme que el fenómeno “El Niño” favorezca el florecimiento de estos microorganismos (JoAnn M. Burkholder, SA, 08/1999).

### **Estrógenos diseñadores**

Los estrógenos diseñadores (SERMs: selective estrogen receptor modulators) son compuestos que han dejado de ser curiosidades de laboratorio y se han convertido en medicamentos

promisorios para prevenir desórdenes mayores en mujeres.

Se ha demostrado que uno de esos compuestos (el tamoxifen) puede prevenir el cáncer de mamas en mujeres de 35 años con alto riesgo de adquirir esa enfermedad. Luego, otro compuesto –el raloxifén– puede prevenir el cáncer de mama en mujeres postmenopáusicas. Este compuesto previene también a mujeres mayores de algunas consecuencias de la menopausia, incluyendo el cáncer y la osteoporosis, así como el cáncer entometrial y las enfermedades coronarias.

Las arterias son protegidas en parte por la habilidad de los estrógenos para producir colesterol en el hígado. Retrasa las consecuencias de la enfermedad de Alzheimer (V. Craig Jordan, SA, 10/1998).

### **Imagenería médica**

La tecnología de imágenes constituye una herramienta básica en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Existe un creciente entusiasmo por un nuevo tipo de imagenería por resonancia magnética (MRI) que proporciona imágenes de alta resolución de los pulmones, y muestra potencialidad para obtener mejores imágenes del cerebro, colon y otros órganos. El voluntario inhala isótopos de helio o xenón hiper polarizado. Evita la respiración por 10 segundos mientras que se toma imágenes MRI con una máquina adecuadamente sintonizada. La hiper polarización hace que el gas proporcione señales 100 000 veces más fuertes por núcleo que la producida por agua, la que normalmente da la imagen. Esto permite una imagen con una resolución nunca antes vista. La idea nació en la Universidad de Princenton (Tim Beardsley, SA, 06/1999).

La imagenería es un apoyo para la cirugía. La tecnología de la realidad virtual es hoy usada para remover tumores en forma más efectiva para evitar daños en tejidos críticos. El cirujano usa la reproducción en una imagen tridimensional generada por computadora del cerebro del paciente, a partir de señales obtenidas por técnicas de resonancia magnética. Con ello, el cirujano puede ver –en diversos puntos– el estado de las regiones intervenidas en la imagen virtual. De esa forma puede hacer el planeamiento de la intervención quirúrgica.

Durante la intervención quirúrgica, el paciente está entre dos magnetos de un sistema de resonancia magnética, el que permite tener imágenes del cerebro durante la intervención. De tiempo en tiempo, el médico pide imágenes del cerebro intervenido, para compararlas con la intervención virtual realizada con el modelo previo. De esa forma se extrae el tumor sin afectar tejidos críticos (W. Eric L. Grimson, Ron Kikinis, Ference A. Jolesz y Peter McL. Black, SA, 06/1999).

Con la imagenería médica se logra estudiar incluso los embriones. Con la técnica de microscopía de resonancia magnética (MRM), en el Instituto de Microscopía in vivo, de la Universidad de Duke, se ha logrado imágenes internas de embriones. Esta técnica permite imágenes internas tridimensionales que dan luces sobre el desarrollo embrionario (Bradley R. Smith, SA, 03/1999).

También se investiga aspectos relacionados con los nacimientos tempranos. Se ha encontrado una hormona, llamada corticotropia-alumbramiento, en la placenta humana y que es la responsable de tiempo de alumbramiento. Esto ayuda a comprender el proceso de alumbramiento, lo que permitirá controlar el momento del parto para evitar la serie de perturbaciones que ocasiona los nacimientos tempranos (Roger Smith, SA, 03/1999).

## **Radioterapia**

El cáncer es uno de las enfermedades más temidas. Entre los tratamientos se tiene la radioterapia, que consiste en irradiar al paciente con rayos gamma con rayos X. Uno de los problemas que presenta esta técnica es que la irradiación también ataca a tejidos sanos. Precisamente, los físicos médicos deben diseñar tratamientos que eviten el daño de tejidos sanos.

Físicos del Lawrence Livermore National Laboratory están desarrollando programas de computación para diseñar el tratamiento más preciso del cáncer, de forma que se evite muertes por mal cálculo, como sucede actualmente. En 1998 se estimaba que en Estados Unidos, unos 120 000 pacientes de cáncer morían por tumores que no podían ser destruidos. La razón del fracaso es que los programas usados no son precisos (W. Wayt Gibbs, SA, 05/1998).

Los avances en diagnóstico y terapia del cáncer son prometedores. La implantación de pastillas radiactivas, combinado con técnicas de imágenes, permiten hoy una óptima irradiación del tumor, evitando atacar tejidos sanos y aumentando la tasa de éxito en la terapia (Marc B. Garnick y William R. Fair, SA, 12/1998).

## **Reparación de daños de la espina dorsal**

La espina dorsal es la vía central por la cual viajan de ida y vuelta las señales entre el cerebro y el resto del cuerpo. Se recibe información y se envía órdenes a los elementos periféricos del cuerpo. Un daño a la espina dorsal tiene graves consecuencias para el funcionamiento de la mayor parte del cuerpo.

John W. McDonald y Christopher Reve (SA, 09/1999)

observaron que, en 1990, un esteroide llamado metil prednisolona podía preservar algunas funciones motoras y sensoriales, si era administrado en alta dosis dentro de las ocho horas después del daño. Después de este éxito se ha investigado numerosas formas de preservar la mayor parte de las funciones del cuerpo humano, amenazados por daños a la espina dorsal. También se ha investigado formas de compensar los daños en lugar de repararlos. Métodos quirúrgicos y terapia de rehabilitación temprana dan algunos buenos resultados.

Los investigadores han descubierto varias sustancias que, por diversos mecanismos, frenan la destrucción en cadena de células nerviosas implicadas en un trauma de la espina dorsal. De esa forma, los daños son limitados. Más aún, es posible restablecer el crecimiento de nuevas células nerviosas.

Estas investigaciones abren enormes ventanas a la esperanza para el tratamiento de traumas de la espina dorsal, los que han causado la invalidez de muchos seres humanos en la historia.

### **3.6 Vida animal**

Los animales forman parte de la biosfera y su existencia asegura el equilibrio que permite la vida de los otros seres vivos. Este equilibrio se ha ido estableciendo en los millones de años de evolución de la vida en la Tierra. Por otro lado, conocedores de que la vida tiene un origen común, y que los animales representan la variedad de forma que ésta ha tomado en la evolución, los científicos se interesan en estudiarlos en sus todas las facetas que sea posible hacerlo.



## **Diversas especies de interés**

Las recientes investigaciones sobre vida animal abarcan temas tan variados como la forma en la que las hembras escogen sus machos (Lee A. Dugarkin y Jean-Guy J. Godin, SA, 04/1998); el mecanismo que usan las cigarras para hacer ruido (Henry G. Bennet-Clark, SA, 05/1998); la estrategia de enamoramiento y acoplamiento de las mariposas (Ronald L. Rutowski, SA, 07/1998); las estrategias de acoplamiento de las arañas (Ken Preston-Mahfám y Rod Preston-Mafham, SA, 11/1998); y el modo en el que los insectos cuidan su descendencia (Douglas W. Tallamy, SA, 01/1999).

Investigadores del mundo desarrollado se ocupan también de la búsqueda de las mejores metodologías para la piscicultura de camarones (Claude E. Boyd y Jason W. Clay, SA, 06/1998).

Es igualmente de interés la investigación sobre pequeños animales, como los dragones de mar, los que son depredadores con camuflaje perfecto. Se trata de una de las pocas especies cuyos machos quedan embarazados (Paul Groves, SA, 12/1998).

La actual preocupación por la biodiversidad ha impulsado a investigadores norteamericanos (Bruce Miller y Michael O'Farrel) a estudiar los murciélagos en jungla de Belize, donde viven 87 especies conocidas de murciélagos. Los investigadores usan detectores de ultrasonido para rastrear a los murciélagos en la oscuridad (Glenn Zerpette, SA, 06/1999)

Actualmente se está prestando mucha importancia a las especies en extinción. Se investiga, por ejemplo, el caso de los caimanes, los cuales están en peligro por una explotación desmedida (Peter Brazaitis, Myrna E. Watanabe y George Amato, SA, 04/1999). En algunos caso se busca salvar de la extinción de

especies manteniendo las actividades comerciales a un nivel adecuado, como es el caso del salmón (Glenn Zorpette, SA, 01/1999).

Los animales depredadores en Australia también han sido estudiados, en especial los que han desaparecido. Entre éstos se tiene la rata-canguro que vivió en Australia hace millones de años (Stephen Wroe, SA, 05/1999).

También se ha estudiado el rol de ciertos animales predadores y de rapiña como el pez brujo (hagfish) (Frederic H. Martini, SA, 10/1998).

Uno de las fascinantes formas de sobrevivir en un mundo repleto de predadores es la invisibilidad, provocada por la transparencia de animales marinos. El biólogo Sonke Johnsen, de la Institución Oceanográfica de Woods Hole, inspirado en sus estudios iniciales de matemáticas y arte, muestra la forma como los cuerpos de esas criaturas procesan la luz para evitar ser vistos por los predadores (SA, 02/2000).

### **El parasitismo entre las hormigas**

Entre los animales existen relaciones sorprendentes, sobre todo entre los insectos, como las hormigas. Trabajadoras como parecen las hormigas, se encuentra entre algunas un comportamiento parasitario. Howard Topoff ha investigado el comportamiento parasitario de las hormigas *Polyergus* (SA, 11/1999). Estas hormigas, en hordas atacan las guaridas de hormigas formica para robarles sus huevos, los que son llevados a sus propios nidos, donde compartirán el lugar con sus propios huevos. Las nuevas hormigas formica emergentes de los huevos serán convertidas en esclavas por sus raptoras. Algunas reinas *polyergus* hacen sus colonias propias: entran a la cámara real de las

hormigas formica, matan a la reina, se impregnan de las sustancias de la reina y la suplantán, convirtiéndose en reina de las hormigas formica, las que la sustentarán.

Los estudios de estos casos como otros similares han dado lugar al término de parasitismo social, que expresa un concepto complejo

### **Microondas espantapájaros**

Cada año, los pilotos de aviones dan cuenta de 5 000 impactos de pájaros con aviones en vuelo, los que causan daños por 400 millones de dólares. Las investigaciones para resolver este problema las comenzó el biofísico H. Frey en 1960. Basado en observaciones de un alumno de Frey, quien señalaba haber sufrido dolores de cabeza al experimentar con microondas, el investigador Jim Genova, de Washington, lanzó la hipótesis de que las microondas producen calor en el cerebro. Para poner a prueba la hipótesis, con ayuda de un transmisor especial, lanzó microondas hacia un lugar con pájaros silvestres. Como resultado, los pájaros escaparon rápidamente del lugar. Con estos resultados, se espera resolver un problema que en el pasado ha causado accidentes.

### **3.7 Medio Ambiente y ecología**

La tierra ha evolucionado hacia condiciones que permitieron la vida. Esas condiciones tienen que ver con temperaturas, presiones, compuestos en el aire, en el suelo y en las aguas, entre otras. La tierra ofrece innumerables microclimas y manifestaciones de vida, las que dan lugar al medio ambiente, el que tiene que ser preservado, porque un desequilibrio exagerado puede dar lugar al desencadenamiento de un proceso irreversible, de imprevisibles consecuencias, incluyendo la desaparición de la vida misma.

Veamos los recientes estudios que se han realizado sobre los temas relacionados con el medio ambiente.

### **La Tierra congelada**

Durantes los pasados millones de años, la Tierra ha conocido varias edades de hielo. La última era glacial, hace 20 000 años, Norteamérica y Europa estaba cubierta por glaciales de más de 2 km. El hielo llegó hasta New York.

Pero esto no fue nada comparado con lo que ocurría hace 600 millones de años. En el período conocido como el Neoproterozoico, el frío era tan intenso que el hielo invadía los trópicos. Por más de 10 millones de años, la Tierra era una verdadera bola de hielo. El hielo llega a tener un kilómetro de espesor, a  $-50$  grados celsius. Ante esas condiciones extremas, sólo prevaleció una pequeña fracción de vida primitiva.

Los volcanes lograron penetrar esa superficie helada y, poco a poco, entregaron suficiente dióxido de carbono como para dar lugar al efecto invernadero que calentó el planeta y fundió el hielo. El efecto invernadero constituyó una nueva prueba para los signos de vida que dejó la era glacial. Estos cambios extremos han ocurrido cuatro veces entre 750 millones y 580 millones años atrás.

Los estudios sobre la Tierra que acabamos de señalar comenzaron en los años 60, pero las mayores evidencias fueron encontradas recientemente (Paul E. Hoffman y Daniel P. Schrag, SA, 01/2000).

### **Desertificación del Sahara**

Recientes investigaciones señalan que el Sahara tenía una lujuriante vegetación que terminó abruptamente hace 5 500 años.

Por otro lado, muchos científicos, según lo afirma Sarah Simpson (SA, 10/1999), creen que seres humanos que llegaron hace unos 7 000 años, sobre explotaron esa vegetación, lo que la llevó rápidamente a su desaparición. Para completar la diversidad de conclusiones al respecto, nuevas simulaciones muestran que la lenta pérdida de vegetación y una baja en la intensidad de lluvias comenzó hace 9 000 años y terminó acelerándose fuera de todo control.

Un equipo de científicos liderados por Martín Claussen, del Instituto para la Investigación del Impacto Climático de Postdam, y John E. Kutzbach, climatólogo de la Universidad de Wisconsin-Madison, han simulado el fenómeno por computadora. La fuerza externa que se ha introducido en la simulación fue una evolución gradual de la órbita del planeta. El perihelio – el punto en el cual el planeta pasa más cerca del sol – ocurrió en julio, y el Polo Norte estaba más inclinado hacia el Sol. Estas circunstancias producían un verano más caliente y por lo tanto más lluvias en el Hemisferio Norte. Con el transcurso del tiempo, el Polo Norte se ha alejado del Sol y el perihelio ocurre en enero.

## **Climatología de la tierra**

Estudiando los núcleos de hielo en varios lugares de la Tierra (Richard Alley y Michael Bender, SA 02/1998) se logra pistas sobre el clima del pasado y posibilidades de prever el clima del futuro. Ello permitirá predecir la severidad del efecto invernadero en un futuro cercano y el retorno a un período de glaciación.

El fenómeno de calentamiento global es estudiado intensamente. La liberación de gases invernadero, que atrapan el calor irradiado por la superficie de la Tierra. Uno de los peligros es

la disminución de bosques tropicales y la elevación de dióxido de carbono (Tim Beardsley, SA, 10/1998).

En el mundo se ha dado numerosos debates sobre el calentamiento global y la contaminación del aire; pero hay reticencia en lo que respecta a la aplicación.

En el siglo y medio de era industrial, el contenido de dióxido de carbono ha pasado de 280 a 370 partes por millón (ppm), principalmente como resultado del quemado de combustibles fósiles. En 1990, los seres humanos, emitían en promedio, 1,5 ppm por año; y la tasa de emisión sigue creciendo. Más aún, artificialmente se emite también metano y óxidos nitrosos. Sin embargo, el dióxido de carbono contribuye con las dos terceras partes del potencial de calentamiento global.

Howard Herzog, Baldur Eliasson and Olav Kaarstad, basados en criterios económicos, piensan (SA, 02/2000) que los combustibles fósiles seguirán siendo usados en este siglo. Desde la adopción del primer tratado internacional diseñado para estabilizar las emisiones de gases invernadero, firmado en 1992 en Río de Janeiro, ha aumentado la demanda global de combustible fósiles. Actualmente más del 85 por ciento de las necesidades de energía comercial mundial es satisfecha por combustibles fósiles. Las políticas de eficiencia energética y de energías alternativas no serán suficientes para arreglar el problema.

Incluso, si se frenase el uso de combustible fósil, seguirían los efectos de anteriores emisiones. La respuesta del clima es lenta. Mucho se ha hablado de plantar árboles. Los árboles y las plantas absorben 600 gigatoneladas de carbono, mientras el suelo absorbe 1 600 gigatoneladas. Las plantas, los árboles y el suelo pueden capturar unas 100 gigatoneladas más, pero no sería suficiente para resolver el problema. Ante ello, los autores arriba mencionados

proponen plantas químicas procesadoras del dióxido de carbono atmosférico, para luego almacenarlos en el subsuelo o en el fondo del océano.

En cuanto a la contaminación del aire, por ejemplo, el protocolo de Kyoto no estará en vigencia antes que de ser ratificado por 55 países. Hasta 1999, eran sólo 3 los países que lo han hecho. Mientras tanto, cada corporación está estableciendo sus propias políticas (Sasha Nemecek, SA, 03/1999).

Las fuentes más notorias de contaminación, y de gases invernadero, son las que se refieren al uso de los combustibles fósiles. Las investigaciones sobre los recursos energéticos (Collin J. Campbell y Jean H. Laherrere, SA, 03/1998) sugieren que la próxima década habrá un declive en la producción de petróleo y los precios subirán en forma alarmante. Ante ello, se busca nuevas fuentes energéticas.

Con el objetivo de disminuir la producción de contaminantes de la atmósfera. En el campo energético, se han iniciados investigaciones sobre semiconductores que transforman el calor en electricidad. Como se sabe, hasta ahora se transformaba la luz en electricidad con celdas fotovoltaicas. Los nuevos dispositivos serían celdas termovoltáicas (Timothy J. Coutts y Mark C. Fitzgerald, SA, 09/1998).

Por otro lado, varios grupos de investigadores en el mundo están buscando la factibilidad de celdas de energía, basadas la unión del hidrógeno con el oxígeno. De tener éxito en el desafío, uno de los mayores problemas que se resolvería será el del combustible para los automóviles; pero también habrá consecuencias sobre la llamada electrónica portátil (John Appleby, SA, 08/1999).

El clima de la tierra se ve regularmente perturbado por el fenómeno “El Niño”. Los organismos dedicados a la climatología aumentan su infraestructura para medir las magnitudes relacionadas con ese fenómeno. El Laboratorio Medioambiental Marino del Pacífico de la Administración Nacional Oceánica y Marina (NOAA) ha puesto una red de observación del océano para poder predecir tsunamis –de origen sísmico– y los efectos del fenómeno “El Niño”.

El análisis de las informaciones se hace usando programas avanzados de simulación, basados en el conocimiento de los fenómenos físicos implicados en los procesos. Las predicciones tienen por objeto evitar pérdidas de vida (Frank I. González, SA, 05/1999).

### **Enfriamiento con aguas profundas de lagos**

Los sistemas de refrigeración basados en cloro-fluorocarbonos, compuestos que erosionan de ozono, han sido prohibidos en 1996 en Estados Unidos. Ello ha provocado investigaciones sobre nuevas formas de refrigeración. La Universidad Cornell ha iniciado un proyecto que consistiría en usar, a través de una gigantesca tubería, el agua fría de las profundidades del lago Cayuka, para enfriar, en un intercambiador de calor en la superficie, el agua que serviría para acondicionar el aire de los ambientes universitarios. La inversión sería recuperada en 30 años, pero reduciría la contribución de la Universidad Cornell al calentamiento global, según las indagaciones de Liz Holmes (SA, 10/1999).

### **Hielo inflamable**

Erwin Suess, Gerhard Bohrmann, Jens Greiner y Erwin Lausch, miembros del Centro de Investigación para la Geociencia Marina (GEOMAR) y la Universidad Christian Albrechts de Kiel,



Alemania, encontraron hidrato de metano, en el fondo del Océano del Pacífico Norte. En el fondo del mar, a temperaturas congelantes y presiones elevadas a 500 metros de profundidad, el hidrato de metano permanece como hielo. Pero a menos profundidad, el hidrato se descompone. A medida de que la muestra generadora se acerca a la superficie, aumenta el flujo de burbujas a través del agua y estalla a través de una chispeante superficie de agua, mucho antes de que aparezca la muestra.

El metano en el fondo del océano constituye una reserva energética cuya explotación demandaría el desarrollo de tecnologías apropiadas. Sin embargo, esas reservas también significan un peligro, desde que una perturbación de los fondos marinos puede dar lugar a una fuente imprevista de calentamiento global.

### **Secretos peligrosos en la industria**

Wendy M. Grossman hace recordar (SA, 09/1999) que el desastre químico de Bhopal, India, causó 2 000 muertes y 200 000 heridos. En ese accidente se produjo fuga de 40 toneladas de methyl isocyanato de la planta industrial de la Union Carbide. El temor de que algo parecido ocurra en EEUU ha llevado al Congreso a pedir que alrededor de 66 000 plantas industriales que descubran sus datos sobre escenarios extremos de accidente. En 1997, el Congreso reafirmó la voluntad de que la información se ponga disponible en la internet.

Los opositores a esta voluntad temen que la información sea usada por terroristas. Sin embargo, la ocurrencia de accidentes con consecuencias letales en EEUU justifica que la información se encuentre disponible. Según la Agencia para la Protección del Medio Ambiente, entre 1987 y 1996, hubo 600 000 liberaciones de químicos tóxicos que juntos produjeron 2 565 muertes y 22 949

heridos. Se piensa que la disponibilidad de información hubiera evitado gran parte de estos accidentes.

## **Ecobiología**

La comprensión biológica de los sistemas ecológicos permite su preservación y el uso adecuado de los recursos. Una ilustración sobre ello es un informe de Julie Lewis (SA, 12/1999), donde se presenta las investigaciones de Margaret D. Lowman, sobre la cima de los bosques tropicales. En 1983, los eucaliptos en Australia morían en proporciones epidémicas, en regiones de cultivo, en el interior de Sydney, planteando un severo problema económico. Lowman recibió la oferta de encargarse de encontrar la causa. Después de tres años de investigación, Lowman y su colaborador, Harold F. Heatwole, descubrieron que los escarabajos, que se multiplicaron por la introducción de ganado, crearon sequedad y erosión del suelo, debilitaron fatalmente a los árboles. (Hoy en día, Margaret Lowman se dedica a promover la protección de bosques tropicales, sosteniendo que en ellos existen muchas plantas con propiedades curativas, las que han sido descubiertas por nativos, los que pueden beneficiarse de su conservación.)

Existen varias formas de alterar un ecosistema. En la península de Florida, Estados Unidos, se encuentra una serie de pantanos que formaban un ecosistema muy rico. Con el objetivo de prevenir inundaciones en terrenos agrícolas, entre 1950 y 1960, el Cuerpo de Ingeniería Militar construyó una red de canales de drenaje. Como resultado se obtuvo un desastre medioambiental: los pantanos se redujeron a la mitad de su tamaño inicial y las aves nadadoras disminuyeron en un 90 por ciento. Hoy, el mismo Cuerpo de Ingeniería Militar ha propuesto un proyecto de 7 800 millones de dólares para recuperar los pantanos (Mark Alpert, SA, 08/1999).

## **Preservación de la biodiversidad**

Peter H. Raven, director del Jardín Botánico de Missouri en San Luis, predice que sin una acción drástica, las dos terceras partes de las 300 000 especies de plantas desaparecerán en el siglo por la destrucción de habitat. Raven piensa, sin embargo, que el establecimiento de jardines botánicos y bancos de semillas para plantas amenazadas por la extinción puede disminuir la catástrofe. En 1992 Raven logró hacer lobby para ratificar la Convención sobre Biodiversidad, con el fin de proteger animales y plantas en peligro de extinción.

Además de recuperar áreas perdidas, la actual preocupación es ampliación de la potencialidad agrícola. Las Naciones Unidas estiman que para los siguientes 30 años será necesario 200 millones de hectáreas adicionales de tierra cultivable. En ese sentido, se está investigando el uso del agua de mar para cultivar plantas que den frutos alimenticios (Edward P. Glenn y J. Jed Brown y James W. O'Leary, SA/08/1998).

En América del Sur, la Costa de Brasil fue alguna vez una espesa selva de 1,4 millones de kilómetros cuadrados y rivalizaba en biodiversidad con el Amazonas. Hoy queda poco de ello: las actividades humanas han dejado sólo 8 por ciento de su selva original. En algunos reductos de esta región queda unas hermosas plantas: la bromelias. Las bromelias han despertado en varios científicos un gran interés, convirtiéndose en objetos de profundos estudios biológicos (Gustavo Martinelli y Ricardo Azoury, SA/03/2000).

## **Pesticidas controversiales**

El uso durante 20 años del pesticida Malathion ha liberado los campos de algodón norteamericanos de varios insectos. Pero, al

haber eliminado los depredadores de gusanos, han surgido ejércitos de estos gusanos (beet armyworms) que destruyen esos campos de algodón.

Wendy Williams da cuenta (SA, 10/1999) de que, para resolver el problema, la empresa American Cyanamid espera el permiso de la Agencia de Protección del Medio Ambiente para producir clorofenapiro, llamado también “pirata” cuyo blanco sería precisamente los mencionados gusanos. El pirata es usado en unos treinta países, incluyendo Australia, China, Africa del Sur, Zambia y Zimbabwe. Canadá y la Unión Europea espera autorización. La empresa tiene planeado extender el uso a otros cultivos, incluyendo vegetales y frutas.

Los ecologistas afirman que el pirata se convertiría en el próximo DDT. Como ese compuesto, el clorofenapiro puede ser consumido por un animal y acumular en su cuerpo, interrumpiendo su sistema endocrino y dañando sus capacidades reproductivas.

El clorofenapiro interrumpe la producción de ATP, la molécula que almacena energía en la mitocondria celular. Su acción depende de varios de los ciclos ATP de las enzimas, las que son comunes para todo organismo.

A pesar de los riesgos, los agricultores se manifiestan favorables al uso de pirata, pero ello está influenciado por su dependencia económica de sus productos. En contraste, los científicos parecen estar preocupados por sus consecuencias del pirata sobre la salud pública.

### **Guerra biológica anticultivos**

Durante el siglo XX, los países industrializados han investigado una serie de enfermedades de cultivos que pueden ser

usadas como armas biológicas. El temor de que los resultados de esas investigaciones sean copiados –lo que es mucho más fácil que copiar un arma nuclear– ha hecho que se frene esas investigaciones. Sin embargo, en 1998, el Congreso Norteamericano ha aprobado un programa de 23 millones de dólares contra las drogas, el que incluye investigaciones de patógenos de plantas. Entre estos patógenos están los que afectan a los cultivos de coca. Existen temores que ello revitalice las investigaciones sobre la guerra biológica contra los cultivos (Paul Roers, Simon Whitey y Malcolm Dando, SA, 07/1999).

### **Contaminación generalizada**

Las actividades industriales han producido la contaminación del subsuelo. En Estados Unidos se ha estimado que hay unos 300 mil lugares peligrosamente contaminados en suelo y agua subterránea. El limpiado de esos sitios tiene un costo de 9 mil millones de dólares. Este es un problema que se está encarando en varias instituciones norteamericanas (W. Wayt Gibbs, SA, 02/1999)

La contaminación ha llegado al fondo del océano. A partir de los miles de casos de personas con enfermedades diarreicas de la costa sur de Bangladesh, se ha postulado que microorganismos patógenos, eliminados por los desagües, van a conservarse en las profundidades del océano, el que actúa como refrigerador. Las corrientes podrían ser las responsables de que estos patógenos lleguen a la superficie y contaminen a las poblaciones que consuman productos de mar (Carol Ezzell, SA, 06/1999).

La contaminación está llegando a todo lugar. Después de haber comprendido los mecanismos de contaminación del medio ambiente fuera de las casas, se han tomado una serie de medidas restrictivas para los productores de contaminantes. Hoy se

comienza a estudiar con mayor detalle los procesos de polución en los elementos tecnológicos de los domicilios (Wayne Ott y John Roberts, SA 2,99).

### **3.8 Cosmología**

El origen y la evolución del universo han sido temas que han generado apasionados debates en la sociedad. En la historia se ha dado debates sobre la formación del universo que enfrentaron científicos e instituciones religiosas. Hoy en día, son aceptados, por la mayoría de los científicos, los aspectos básicos de la teoría cosmológica de la gran explosión, planteada a principios de siglo por Edward Hubble. Las recientes investigaciones, sin embargo, reavivan los debates sobre temas cosmológicos, a la luz de observaciones realizadas con instrumentos sofisticados, algunos de los cuales se encuentran en órbitas satelitales de la Tierra.

#### **Inflación cosmológica**

En 1997 se descubrió que las supernovas eran menos brillantes que lo esperado, lo que hizo pensar que la expansión del universo podía estar acelerando en lugar de disminuir como se daba por sentada. Sin embargo, Adam G. Riess, de la Universidad de California en Berkeley, pone en duda ese descubrimiento. La aceleración cósmica es derivada del brillo máximo de las supernovas –que nos dice lo lejos que se encuentran– y del corrimiento al rojo –el que refleja cuánto se expandió desde que ocurrió.

La más lejana supernova conocida ocurrió hace 8 400 millones de años, y desde entonces el universo ha duplicado su tamaño. Pero con su tasa de expansión actual el universo debería haber triplicado su tamaño. De modo que su tasa de expansión

debería haber aumentado.

En cuanto a las teorías cosmológicas, las mediciones de las dos décadas pasadas muestran que en el universo hay menos masa que lo que predice la teoría inflacionaria. La desaceleración de la expansión, tal como lo muestran las supernovas y las galaxias brillantes, es demasiado lenta. Las masas de las agrupaciones de galaxias, deducidas de su movimiento interno y su habilidad para focalizar la luz, es demasiado pequeña. El número de estas agrupaciones, que deberían aumentar si hubiera suficiente materia prima, ha cambiado poco. Y la abundancia de deuterio, que es inversamente proporcional a la cantidad de materia, es demasiado elevada. Habría sólo la tercera parte de la materia predicha por la teoría inflacionaria (George Musser, SA, 07/1998).

Por otro lado, la observación de destellos cósmicos (1998) de rayos gamma ha sido tomada como signo de mega explosiones de objetos celestes misteriosos (George Musser, SA, 08/1998).

La teoría inflacionaria fue propuesta por Alan H. Guth y Andrei D. Linde, para explicar porqué el universo es más plano de lo que debería ser después de miles de millones de años del big bang. Según la teoría inflacionaria, el universo tiene períodos de expansión acelerada.

Angelica de Oliveira-Costa y Max Tegmark, con instrumentos en globos, han observado el fondo de la radiación cósmica. Los resultados parecen sostener la teoría inflacionaria con dos modificaciones: el universo es sólo un tercio de materia y los otros dos tercios es una quintaesencia en forma de extraña energía.

En octubre de 1998 un equipo del Lawrence Berkeley National Laboratory observó la supernova SN1998eq, la más lejana hasta ahora encontrada. Las características de esa supernova pueden

ser explicadas en un marco de un universo acelerado.

Según las observaciones, el tamaño del universo está creciendo en forma acelerada, como si existiera una suerte de materia con masa repulsiva. Esta observación es la que aceptaron “por votación” 40 de los 60 científicos que participaron en la conferencia “La energía faltante del universo” (Informe especial, SA, 01/1999).

Por otro lado, George Musser (Scientific American, september 1999) hace recordar que un par de décadas atrás parecía establecida la aleatoriedad de la distribución de la materia en el universo, base para sostener la teoría de la inflación del universo. Del universo inicial queda la radiación de microondas cósmicas de fondo, con una temperatura promedio de 2,7 K, con una variación de alrededor de 30 microkelvins en diversas partes del cielo, representada por pequeñas variaciones en la densidad de materia.

Estas desviaciones fueron observadas primero por el Explorador de Radiación de Fondo Cósmica (COBE). En sus análisis, los investigadores consideraban un hecho la predicción de la inflación según la cual los valores de la densidad se agrupan alrededor del promedio de acuerdo a una distribución gaussiana. En los últimos 5 años, 28 estudios han corroborado esa predicción. Unos cuatro equipos, con datos del COBE, afirman haber encontrado una distribución no gaussiana. La mayoría de los cosmólogos se muestra escéptica. Los datos del COBE tienen mucho ruido y el tratamiento matemático puede distorsionar los datos del COBE.

Hay pues mucha incertidumbre respecto al carácter gaussiano arriba mencionado. Para echar mayores luces sobre el problema, se pensó entonces que ayudaría el lanzamiento de la sonda de anisotropía de microondas de la NASA y el observatorio



## Chandra de rayos X.

¿Qué pasaría si se comprueba el carácter no gaussiano del universo? Los teóricos proponen varias modificaciones a la teoría de la inflación, añadiendo un segundo campo cuántico. El primer campo cuántico genera una suerte de antigravedad que infla el universo.

George Musser da cuenta (SA, 10/1999) de estudios más detallados que mostrarían que las supernovas presentan diversidad de brillo propia de su composición y masa que podrían explicar las variaciones atribuidas a lejanía y tasa de expansión. Sin embargo, otros indicios relacionados con la radiación de microondas de fondo y cálculos de la masa del universo siguen sugiriendo que el universo está en expansión acelerada.

## Telescopio espacial Hubble

Los astrofísicos continúan detectando partículas cósmicas tratando de comprender el origen y la evolución del universo. Para evitar la perturbación de la atmósfera se ha puesto en órbita el telescopio espacial Hubble, con el que se ha logrado una serie de nuevas informaciones sobre los objetos estelares. Entre estos se tiene los cuasares, pequeños objetos celestes (días luz de tamaño) comparados con las galaxias (decenas de miles de años luz de las galaxias) pero que emiten cientos de veces más radiación que las galaxias gigantes. El primer cuasar fue descubierto en 1962 por el astrónomo Cyil Hazard de la Universidad de Sydney. El telescopio Hubble ha descubierto que de los 34 cuasares observados, el 75 por ciento muestra un halo que indica que se encuentran en una galaxia. La mitad corresponde a galaxias elípticas y la otra mitad a espirales (Michael Disney, Scientific American, 06/1998).

## **Conglomerados de galaxias, supernovas y agujeros negros**

Desde el descubrimiento de los agregados de galaxias, por Charles Messier, en 1979, se ha planteado básicamente dos preguntas. ¿Qué es lo que organiza las galaxias en la forma en las que se les ve? y ¿existe una masa oscura que explicaría porqué las galaxias orbitan a gran velocidad sin deshacer la conglomeración?. Hoy se mide la radiación, de rayos X en particular, para tratar de buscar respuesta a esas preguntas (J. Patrick Henry, Ulrich G. Briel y Hans Boehringer, SA, 12/1998).

Un grupo de físicos italianos lanzan la hipótesis que la masa oscura está formada por WIMPs (weakly interacting massive particles), partículas masivas débilmente interactuantes (George Musser, SA, 03/1999).

Por otro lado, se ha observado estrellas que emiten rayos X de baja energía, las que podrían tratarse de enanas blancas que canibalizan sus compañeras y, en muchos casos, explotan. Se ha observado que una estrella enana blanca y una estrella gigante roja giran en una alrededor de la otra. La estrella enana, debido a su intensa gravedad, absorbe la parte externa de la estrella gigante. El gas que entra en la superficie de la enana blanca puede producir ignición nuclear, lo que genera rayos X de baja energía (Peter Kahabka, Edward P.J. van den Heuvel y Saul A. Rappaport, SA, 02/1999). En comparación, podemos mencionar que, en el sol, cada segundo se fusiona 600 millones de toneladas de hidrógeno en helio, emitiendo rayos X y gamma, cuyas energías disminuyen al atravesar gruesas capas de gas hasta llegar a ser luz visible.

Los cuerpos cósmicos que atraen mayor atención son los agujeros negros. Se asume la existencia de los agujeros negros para explicar i) la rapidez con la que se mueven las estrellas cerca del

centro de la galaxia sin ser expulsadas, lo que necesitaría la atracción de una masa equivalente a miles de millones de soles ii) la cantidad de energía que tragan los centros de las galaxias o las estrellas binarias.

Sin embargo, hay otros objetos que pueden explicar lo observado. Por ejemplo, las estrellas de neutrones pueden dar cuenta de los fenómenos en torno a las estrellas binarias. Estos objetos son, en esencia, núcleos atómicos. Una estrella de neutrones con una masa solar y con un horizonte evento (superficie de la cual nada puede escapar aún cuando viaje a la velocidad de la luz) tiene 30 kilómetros de radio, que es lo mismo que un agujero negro con 10 masas solares.

Lo que permite diferenciar a ambos objetos es que la estrella de neutrones tiene una superficie dura sobre la cual se puede acumular la materia, mientras en los agujeros negros la materia es tragada y desaparece para siempre.

La diferencia entre los dos objetos se traduce en las formas de emitir energía. En un agujero negro, la temperatura de los protones justo fuera del horizonte evento llega a  $10^{13}$  grados. A esa temperatura, la materia emite rayos gamma. Sin embargo, los protones transmiten su energía a los electrones, de tal forma que finalmente salen rayos X. De modo que se trata de buscar regiones electrónicas que emitan rayos X.

Se espera que, con los avances teóricos sobre el tema de los agujeros negros y con los datos adquiridos por los observatorios orbitales de rayos X Chandra y XMM, se logrará identificar agujeros negros. (Ver Jean-Pierre Lasota, SA, 05/1999).

## **Mapeo del universo**

Producto de las diversas investigaciones sobre el cosmos realizadas desde fines de los años 70s y principios de los años 80s, se está estableciendo un mapeo del universo. Se ha observado que las galaxias están formadas por estrellas, gas, polvo e inclasificable materia oscura. Las galaxias forman conglomerados de galaxias, los cuerpos de mayor envergadura sostenidos por la gravedad.

En el mapeo del universo se observa una estructura fractal de una dimensión 1 o 2 hasta la escala de 100 millones de años luz. Para escalas mayores, la estructura fractal desaparece.

Sin embargo, a fines de los años 80, con instrumentos de alta resolución se observó un “gran muro” de 750 millones de años luz de largo, por 250 millones de años luz de ancho y 20 millones de años luz de espesor. Como un proceso de ruido no podría explicar tan colosal estructura coherente, se ha iniciado un proyecto de mapeo de mayor dimensión que los anteriores. Lo que se ha encontrado es un gran número de grandes muros de galaxias.

La fuerza de gravedad podría ser responsable de las estructuras de 150 millones de años luz, pero las explicaciones gravitacionales, solas, parece que no pueden dar cuenta de estructuras de mayores dimensiones. Ante ello, han surgido varias hipótesis que aún están a prueba (Stephen D. Landy, SA, 06/1999).

Cabe señalar que un quinto del universo está oculto a nuestra visión por el polvo y las estrellas de nuestra galaxia. Hoy se comienza a encontrar formas para superar esas barreras. Los radiotelescopios son muy útiles en este esfuerzo (Renée C. Kraan-Korteweg y Ofer Lahav, SA, 10/1998).

## **La migración de planetas**

Hace poco se creía que las órbitas de los planetas del Sistema Solar eran las mismas con las que se formaron al inicio del sistema. Sin embargo, como lo hace notar Renu Malhotra (SA, 09/ 1999) hay numerosos indicios de que esas órbitas han ido cambiando con el tiempo. La colisión del cometa Shoemaker-Levy 9 contra Júpiter, en 1994, constituye una evidencia de la naturaleza dinámica de algunos objetos del Sistema solar.

Se piensa que la Luna fue formada a unos 30 000 kilómetros de la Tierra, pero su órbita actual es de 384 000 kilómetros. En los últimos mil millones de años, la Luna se ha alejado uno 100 000 kilómetros, debido a fuerzas de marea gravitacional, que equivalen a pequeños torques gravitacionales que ejerce la Tierra.

En planetas exteriores se ha observado que los satélites tienen órbitas con períodos relacionados por una dinámica bien comprendida. El período de Ganímedes, la luna de mayor dimensión que Júpiter, es el doble del período de Europa, el que a su vez es el doble del período de Io. Esta sincronización parece ser debida a las fuerzas de marea gravitacional.

Durante los últimos 5 años, se ha descubierto la faja de Kuiper, consistente de aproximadamente unos 100 000 planetas menores con un diámetro entre 100 y 1 000 kilómetros. Asimismo, se ha observado un número aún mayor de pequeños cuerpos que ocupan una región que se extiende entre la órbita de Neptuno – alrededor de 4 500 millones de kilómetros del Sol– y el doble de esa distancia.

Las características de la faja de Kuiper parecen estar de acuerdo con la hipótesis de que se trata de rastros de historia orbital de planetas gaseosos gigantes. Se trataría del lento esparcimiento de

las órbitas, después de la formación de esos planetas.

Plutón ha significado siempre un misterio. Su órbita atípica, excéntrica, fuera del plano del sistema solar – entre otras características – hizo pensar en el pasado en un origen producto de encuentros planetarios. Sin embargo, recientemente se ha realizado significativos avances en la comprensión de la dinámica de las resonancias orbitales. En 1993 Malhotra planteó la hipótesis que Plutón nació en una órbita circular más allá de Neptuno, ligeramente inclinada respecto al plano del sistema y que llegó a su órbita actual por interacciones de resonancia con Neptuno.

### **3.9 Física de partículas**

En dirección opuesta a la cosmología está la física de partículas, la que investiga los componentes elementales de la materia y las interacciones que se dan entre ellas. Para esas investigaciones, los países desarrollados han construido gigantescos aceleradores, donde “pulverizan” los átomos para observar los restos de las colisiones, y encontrar un sentido a la estructura y comportamiento de la materia.

### **Teoría del todo**

Michael J. Duff, de la Sociedad Americana de Física, da cuenta (AS, 02/1998) de que no existe hasta ahora una sola teoría que lo explique todo. La teoría einsteniana de la relatividad general no da cuenta del comportamiento de las partículas, como sí lo hace la teoría cuántica; mientras que la mecánica cuántica no explica los fenómenos cósmicos como los agujeros negros, como sí lo hace la relatividad.

La teoría del todo pretende explicar los componentes y las fuerzas que integran el universo. Esta teoría se concibe sobre la base de teorías matemáticas denominadas “cuerdas”, “membranas” y “agujeros negros”.

Uno de los resultados de las investigaciones experimentales y teóricas es la unificación de las interacciones electromagnética y electrodébil, las que deben unificarse con la interacción fuerte (la responsable de las fuerzas nucleares). Sin embargo, hasta ahora no se ha logrado la unificación de estas interacciones con la interacción gravitacional.

Los experimentos que se realizan en este campo requieren aceleradores gigantescos, como el construido en la frontera franco-suiza, para conformar el Laboratorio de Partículas Elementales (CERN).

Por otro lado, se cree que la teoría de las supercuerdas puede ser puesta a prueba experimentalmente (George Musser, SA, 10/1998).

### **Aceleradores y asimetría materia-antimateria**

El hecho que existe más materia que antimateria ha llamado siempre la atención de los físicos, los que han planteado una serie de hipótesis. Se ha construido nuevos aceleradores para estudiar la asimetría existente entre materia y antimateria. Una hipótesis es que el exceso de materia sobre la antimateria proviene de la disparidad de cómo se comportan la materia y la antimateria. Esta disparidad rompe la simetría llamada inversa carga-paridad o CP. La teoría estándar predice una cantidad de violación demasiado pequeña para explicar el exceso de materia sobre antimateria. Los aceleradores que se construyen –uno en Japón y otro en California– verán el

grado de violación CP, buscando comprender mejor el modelo estándar o reemplazarlo por otro. Estos aceleradores, llamados fábricas de B asimétricos, producen gran cantidades de mesones B. El acelerador norteamericano está en el SLAC, Centro Acelerador Lineal de Stanford (Helen R. Quinn y Michael S. Witherell, SA, 10/1998).

### **Un pequeño big bang**

En el Laboratorio Nacional Brookhaven prácticamente se ha completado la construcción del Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) que servirá para colisionar núcleos desde el H hasta el  $^{197}\text{Au}$ , a velocidades cercanas a las de la luz. En reposo, un nucleón tiene una masa o energía de 1 GeV (mil millones de electronvoltios). Con el acelerador RHIC, los nucleones de los núcleos alcanzarán una energía de 10 a 100 GeV. Los núcleos se chocarán frontalmente, liberando una energía de 200 GeV, lo que elevará la temperatura a un billón de grados kelvin, es decir, 100 millones más caliente que la superficie solar. En esa situación, el núcleo explotará. El plasma durará sólo  $10^{-23}$  s. De ese tipo de experimentos se espera saber si en el choque se libera quarks y gluones.

### **Espín de los nucleones**

En los años 60 se estableció que un protón consiste de dos quarks up y un quark down. La carga del protón es la suma de las cargas de sus componentes  $+1 = 2/3 + 2/3 - 1/3$ . A mediados de los años 80 se obtuvo indicios experimentales de que los espines de los nucleones no son atribuibles a los espines de los quarks. Este resultado dio lugar a la llamada crisis del espín. El grupo de físicos llamado Colaboración Europea Muón (EMC) encontró que el espín de los quarks contribuye muy poco en el espín del protón y los



quarks extraños virtuales están completamente polarizados y hacen una sorprendente alta contribución con el espín total: alrededor del 10 por ciento, pero alineado en la dirección equivocada. Algo similar se encontró para el neutrón. Los experimentos de los años 90s confirman que sólo alrededor 30 por ciento del espín del protón es producido por los espines de los quarks. El faltante 70 por ciento del espín vendría de los espines de los gluones (cada gluón tiene espín 1) y del movimiento orbital de todos los quarks y gluones dentro del nucleón. Todos estos resultados verifican elementos de la estructura matemática del QCD y del modelo estándar (Klaus Rith y Andreas Schäfer, SA, 07/1999).

### **Neutrinos con masa**

El modelo estándar de la física de partículas considera que el universo está formado por dos docenas de partículas elementales. En 1995, un equipo de mil físicos descubrió la última de esas partículas: el top quark. La única pregunta que parecía quedar es si los tres neutrinos correspondientes al electrón, al muón y al taón tenían masa o era nula como lo señalaba el modelo estándar.

En junio de 1998, un equipo conformado por físicos japoneses y estadounidense de la colaboración Super-Kamiokande, descubrió que uno de los neutrinos –y probablemente todos– tenían algo de masa. Este descubrimiento es considerado como el más importante de la década porque abre camino a una serie de explicaciones de resultados experimentales (W. Wayt Gibbs, SA, 08/1998).

Los neutrinos son partículas muy elusivas y por mucho tiempo se ha pensado que no tienen masa. Hay tres tipos de neutrinos: neutrinos electrónicos, neutrinos muónicos y neutrinos taónicos. Por cada centímetro cuadrado de nuestro cuerpo pasan 60

mil millones de neutrinos provenientes del Sol, sin perturbarlo ni sufrir alguna modificación.

El gigantesco detector Super Kamiokande, a 250 km de Tokio, ha detectado cambios en los neutrinos que sólo pueden explicarse suponiendo que tienen masa. En realidad se ha obtenido que la tasa neutrinos muónicos/neutrinos electrónicos es de 1,3 por 1 en vez de 2 por 1, que es lo que se esperaría si hubiera metamorfosis de neutrinos de un tipo a otro. Esto sólo sería posible si aceptamos que los neutrinos tienen masa (Edward Kearns, Takaaki Kajita y Yoji Totsuka, SA, 08/1999).

### **3.10 Física atómica y nuclear**

La física nuclear y atómica se iniciaron a fines del siglo XIX, con el descubrimiento de los rayos X y la radiactividad natural. Se comprendió que el átomo está compuesto por un núcleo de protones y neutrones, alrededor del cual giraban electrones, en órbitas cuánticas. La comprensión del comportamiento del átomo y del núcleo, ha permitido enormes progresos tecnológicos. Sin embargo, hasta hoy se sigue realizando experimentos que mejoren la comprensión del mundo atómico y nuclear.

#### **Superátomo, átomo más pesado y fotón solitario**

La física experimental ha logrado resultados sorprendentes. En 1995, en el Instituto Conjunto para el Laboratorio de Astrofísica, logró formar por unos diez segundos una gota de unos 2 000 átomos de rubidio a una temperatura de 100 millardésimos de grado kelvin. A esa temperatura, la gota se comporta como un átomo gigante y obedece las leyes cuánticas.

En realidad, el experimento anterior se refiere a muchos

átomos. Pero también se ha sostenido esfuerzos para producir átomos con la mayor masa posible. Un equipo de físicos del Instituto GSI de Darmstadt, dirigido por Peter Armbruster, produjo átomos con 112 protones, el que es el más pesado hasta ahora producido. Para eso se provoca la colisión entre núcleos de zinc y plomo (Peter Armbruster y Fritz Peter Hessberger, SA, 09/1998). En 1999, un equipo de físicos del Instituto Dubna (Rusia) dirigido por Yuri Oganessian ha logrado la producción de núcleos con 114 protones (SA, 01/2000). Recordemos que en la naturaleza sólo se tiene núcleos hasta 92 protones, los que corresponde al uranio.

Los físicos son atraídos por los experimentos extremos. Unos interesan por los superátomos y otros por lo más simple: un fotón. Serge Haroche, Jean Michel Raimond, Michel Brune y colaboradores en la Escuela Normal Superior de París han logrado capturar un fotón individual en una caja, detectándolo en una forma que abandone la caja y detectándolo nuevamente. Con ello se ha demostrado que es posible una medición de “no demolición cuántica” (CND) de una partícula sola.

Con el aparato construido para la medición CND, es posible realizar el experimento llamado enredo cuántico de tres átomos, pasándolos por una cavidad uno a la vez. Este experimento ayudaría a comprender mejor la esencia cuántica de la realidad.

## **Fermiones degenerados**

Los electrones que giran alrededor del núcleo atómico son fermiones, llamados así para indicar que dos de ellos no ocupan el mismo estado, dando lugar a las propiedades químicas de las sustancias. Los protones y los neutrones, componentes del núcleo atómico, también son fermiones; y lo mismo los quarks, componentes de los esos nucleones.

Los bosones, primos de los fermiones, en cambio, varios pueden ocupar un mismo estado cuántico, dando lugar a la llamada degeneración. En 1995 causó sensación la condensación Bose-Einstein de un gas diluido.

Según informa Graham P. Collins (SA, 11/1999), Deborah S. Jin del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología y la Universidad de Colorado en Boulder y un estudiante suya ha logrado la creación de materia “Fermi degenerada” a nivel atómico, a una temperatura de 0,3 microkelvin sobre el cero absoluto.

Para crear el sistema degenerado de Fermi, los físicos usaron enfriamiento por evaporación de una gas de átomos en una trampa magnética, extendiendo la técnica que produjo la primera condensación de Bose. El átomo escogido por Jin fue el potasio 40. El potasio 40 es fermiónico, debido a que está compuesto por un número impar de los fermiones elementales: 40 protones y neutrones y 19 electrones orbitales.

## **Fusión Nuclear**

La fuente inagotable de energía es el agua pesada, con la condición de que se controle la fusión nuclear, fenómeno que dio lugar a la bomba H. De dominarse la tecnología H, no sólo tendríamos una fuente inagotable de energía sino que esa energía no daría lugar a desechos. La investigación tiene cincuenta años.

Lo que se busca es el confinamiento de la reacción por un campo magnético, lo que en 1991 se logró en el JET (Joint European Torus) y más tarde en el reactor de Prueba de Fusión Tokamak (TFTR) de la Universidad de Princeton. Buscando mejores resultados, se está desarrollando el Reactor Experimental

Termonuclear Internacional (ITER), el que involucra a Estados Unidos, Europa, Japón y Rusia (Gerold Yonas, SA, 08/1998).

### **Acústica de tiempo invertido**

Gracias a las nuevas tecnologías, la física avanza también en campos clásicos, como por ejemplo la acústica. Mathias Fink presenta un arreglo de transductores que puede recrear un sonido y regresarlo a su fuente como una función de tiempo invertido (SA, 11/1999). Así, un hola que uno pronuncia regresa a la boca como un aloh, como si se estuviera escuchando una grabación al revés. Este arreglo, que pareciera ser sólo una novedad, en realidad tiene una serie de aplicaciones, entre las que se incluye destrucción de tumores, cálculos renales, detección de defectos en metales, comunicaciones de larga distancia y detección de minas en océanos. También permite realizar elegantes experimentos de física.

La acústica de tiempo invertido es posible por las características de ondas del sonido. Las ondas que rebotan se mezclan con las ondas existentes en el ambiente. Otra propiedad que lo hace posible, es que la onda invertida en el tiempo sigue siendo onda. La onda reflejada sigue cumpliendo con la ecuación de las ondas.

Veamos la aplicación de la acústica de tiempo invertido para la destrucción de cálculos renales. Se envía ultrasonido al cálculo, el eco que produce el cálculo regresa, el que es recibido por un sistema de acústica de tiempo invertido, lo que produce una señal amplificada y concentrada sobre el cálculo.

### **3.11 Geofísica**

La tierra en un cuerpo dinámico, en el que se da una serie de

procesos físicos, algunos de los cuales son espectaculares y otros generadores de desastres. Los fenómenos vulcanológicos, los sismológicos y los climatológicos son los más conocidos y con mayor influencia en la vida. Hoy, estos fenómenos son estudiados usando la batería de tecnologías avanzadas, las que incluyen, las técnicas de análisis químicos, imágenes satelitales y computadoras de última generación.

### **Movimiento del manto geológico**

Desde los años 50, los geoquímicos han imaginado que el manto trabaja como un doble hervidor: una capa baja en sustancias radiactivas entra –pero sin mezclarse– en la capa de sustancias radiactivas situado en la parte baja. Cada sismo del manto reveló un aumento abrupto de densidad en profundidades de alrededor de 760 km, justo en la frontera que mantiene la materia sin mezclarse. Más aún, una capa de sustancias radiactivas puede explicar porqué la tierra está más caliente que lo que debería estarlo en otras condiciones.

Sin embargo, con mejores datos sísmicos, se comienza a ver la tierra como una gigante olla de sopa hirviente. Se observa indirectamente que placas tectónicas penetran más abajo de esas fronteras. Las placas perforan las barreras de 670 km (Sarah Simpson, SA, 08/1999).

### **Pruebas de estrés en sismología**

El terremoto que golpeó Izmit, en la parte norte central de Turquía, causó 15 000 muertes. Desastres de esta naturaleza ocurren muy a menudo; pero esta vez está acompañado de condiciones especiales. Un grupo de científicos ha medido las magnitudes y evolución de este sismo para validar un modelo

conocido como análisis de transferencia de tensión, el que puede servir para predecir sismos y salvar muchas vidas.

Según las declaraciones del geofísico Ross S. Stein (tomadas por Simon Levay, SA, 12/1999) cuando una falla sufre una ruptura, cae la tensión de ese segmento, pero parte de la tensión se traslada a regiones vecinas. Esta transferencia, consecuencia de la elasticidad de la Tierra, afecta segmentos adyacentes tanto como fallas del vecindario. Dependiendo de la ubicación de la falla, orientación y dirección del desliz, puede aumentar o disminuir la probabilidad de ruptura.

Generalmente, dice Stein, una pequeña parte de la tensión es transferida. Pero se ha observado una marcada ocurrencia de sismos allí donde hubo, como resultado de un terremoto anterior, un incremento de tensión.

Simulaciones por computadora, usando el modelo elaborado por el equipo de Stein, están dando resultados expectantes, con respecto a las posibilidades de predecir terremotos en lugares donde existe la tensión.

## **Huracanes**

Los huracanes y tifones han causado mucho daño, por lo que los Estados Unidos apoyan su investigación. Tim Beardsley y Andrew Itkoff decidieron participar en una experiencia que comprendía una incursión en el huracán Dennis, que pasó a 290 al este de Jacksonville, a una velocidad de 145 km/h. Se trata de saber si es el mar y su emanación de calor o los vientos superiores son que manejan el huracán. El líder científico de la expedición fue Frank D. Marks, quien está con los que piensan que es el océano el que maneja el huracán.

El estudio no se concluyó con esa expedición. Faltan muchos datos. Para obtenerlos, Marks cuenta con tecnología que permite tutearse con los huracanes y modelos matemáticos que le servirán para comprender el fenómeno.

### **3.12 Carrera espacial**

#### **Tecnología satelital**

Alrededor de la Tierra giran numerosos satélites para diversos fines. Hoy en día, el lanzamiento de satélites aparece como una actividad muy competitiva. Los países buscan colocar sus satélites con la mayor seguridad y el menor costo posibles. La empresa europea Arianespace, por ejemplo, hace un lanzamiento cada tres semanas, llevando material satelital a las órbitas desde las cuales brinda una serie de servicios. Hasta el momento, la base de Kourou, en la Guayana Francesa, tiene el 55 por ciento del mercado de lanzamiento. La ventaja de estar cerca de la línea ecuatorial, permite aprovechar el empuje por la velocidad tangencial de rotación de la tierra en el lanzamiento. Por otro lado, el cohete Ariane 4 ha tenido 117 lanzamientos con sólo 8 fallas, lo que ha generado confianza entre sus clientes.

Hoy, Arianespace cuenta con el cohete Ariane 5, el que tiene el doble de capacidad que Ariane 4. Ariane 5 tomará el relevo de Ariane 4. Se espera que en 2003, cuando deje de trabajar Ariane 4, Ariane esté lanzando 10 a 12 cargas a sus órbitas (Phil Scott, SA, 07/1999).

La gran cantidad de satélites requiere grandes esfuerzos para su protección. En medios políticos de los Estados Unidos se está discutiendo una versión nueva de la “guerra de las galaxias”, cuyo



objetivo sería proteger los satélites nacionales y estar en posición de destruir los satélites de eventuales enemigos (Daniel G. Dupont, SA, 06/1999).

La intensa actividad espacial ha dado lugar a residuos tecnológicos que giran alrededor de la Tierra y que preocupa a las instituciones que los producen. Se hace esfuerzos para controlar esos desechos y evitar que se conviertan en riesgos para la sociedad (Nicholas L. Johnson, SA, 08/1998).

Pero no todo es desconfianza y temor. El espacio satelital ha dado lugar a la colaboración internacional. En la estación rusa Mir, se ha establecido un espíritu de colaboración entre rusos y estadounidenses. Se ha realizado una serie de trabajos, entre los que resaltan los de biología espacial. Los resultados de ese trabajo incluyen fotografías de la tierra, valiosas para oceanógrafos, geólogos y climatólogos (Shanon W. Lucid, SA, 05/1998).

## **Vecindario terrestre**

Las misiones Apolo constituyeron un gran inicio de las exploraciones en la cercanía de la Tierra. Con ellas se obtuvo la información básica para la comprensión de la historia de la Luna.

Estimulados por la eventualidad de un viaje interplanetario, la investigación de los planetas cercanos viene adquiriendo importancia. La nave espacial Luna Prospector hizo noticia, a principios de noviembre de 1998, cuando detectó indicios de hielo en la parte oscura de la luna. Casi finalizando su misión de 18 meses, esta nave sigue enviando informaciones de la luna. Las mediciones indican que la Luna tiene un radio de 3 400 km y un núcleo pequeño, con 2 por ciento de la masa lunar, de 220 a 450 km.

Los astrónomos tienen la hipótesis de que hace unos 4 500 millones de años, un objeto celeste, con una masa dos o tres veces superior a la masa de Marte, cayó sobre la tierra y le arrancó un pedazo que finalmente formó la luna.

El planeta más cercano que se puede visitar es Marte. Por ello se trata de estudiarlo con bastante interés. En julio de 1997, el carrito automático Pathfinder enviaba a la tierra sus primeras imágenes de la superficie de Marte. Básicamente, la misión sirvió para observar rocas, analizarlas y deducir la historia de formación de la Tierra.

En febrero de 1999, analizando las observaciones realizadas por el Mars Global surveyor, se ha podido observar canales sinuosos que, según muchos científicos, constituyen pruebas de la antigua existencia de agua superficial. Con el Global Surveyor se ha logrado información mucho más rica que la lograda en 34 años de sondas enviadas a Marte (Glenn Zorpette, SA, 04/1999).

La fascinación que ha creado los indicios de que Marte contiene agua ha generado una gran voluntad por viajar a ese planeta. El término de la guerra fría y la apertura de un clima de colaboración científica internacional, hacen posible un cercano viaje a Marte. La interrogante sobre la existencia pasada o presente de agua líquida estable y la controversia generada por el meteorito marciano caído en la Antártica, portando una supuesta bacteria fosilizada, han incrementado la importancia de un viaje a Marte. Los datos que podría obtenerse de un viaje a Marte elucidarían algunos misterios sobre el origen de la vida.

Estados Unidos goza hoy de una espléndida situación económica y según Glean Sorpette (SA, 03/2000) cuenta con la tecnología y el dinero para llevar a cabo este ambicioso proyecto.

El espectacular éxito con el pathfinder abrió las puertas a un próximo viaje tripulado. Sin embargo, las fallas de las naves espaciales Mars Climate Orbiter y el Mars Polar Lander, que han puesto en evidencia las limitaciones de la tecnología robótica, produjeron una postergación de esas aspiraciones.

Para esclarecer las interrogantes sobre una eventual existencia de vida en Marte es necesario un viaje a Marte y para ello tiene que planificarse varias misiones previas. El manejo de los robots desde la Tierra no es fácil, sobre todo cuando se tiene en cuenta que las señales toman 40 minutos en ir y regresar. Las oportunidades se presentan sólo cada 26 meses, cuando el lanzamiento permite una travesía de menos de un año.

Un viaje tripulado a Marte plantea innumerables problemas de diferente naturaleza, entre los más críticos de los cuales se encuentra la biología espacial que afectaría al ser humano, como lo señala Michael W. Young (SA, 03/2000).

Otro planeta que fascina por las posibilidades de investigarlo es Júpiter. En 1960, los estudios espectroscópicos permitieron afirmar que Europa, uno de los satélites de Júpiter, está cubierto por roca helada a una temperatura de 110 kelvin (-163 C) en el ecuador y cerca de 50 kelvin en los polos.

En 1979, dos naves espaciales “Voyager” han pasado cerca a Júpiter y sus observaciones han creado expectativas acerca de la posibilidad de que una de sus lunas, Europa, tenga bajo su suelo un océano de agua. La superficie de Europa presenta enormes grietas que normalmente se producen cuando el agua se abre camino en un flotante suelo helado.

Considerando que Europa está en un ambiente por el que

pasan regularmente asteroides y cometas, la tan baja densidad de cráteres es un indicio de que éstos han sido borrados por una intensa actividad volcánica.

Todo ello hizo pensar a Robert T. Pappalardo y James W. Heard y Ronald Greeley (SA, 10/1999) que bajo el suelo helado de Europa se esconde un océano de agua templada. Ello permite plantear la hipótesis de que podría haber lugar a vestigios de vida.

Para el estudio de Júpiter se llevó a cabo la misión Galileo, concebido a mediados de los 1970s. Finalmente el lanzamiento ocurrió en 1989. El viaje tomó seis años y estuvo plagado de problemas técnicos. Desde diciembre de 1995, la misión viene recibiendo una gran cantidad de información sobre Júpiter y sus lunas, sobre las cuales por las naves Pioneer y Voyager permitieron, en los años 1970s, algunas no muy detalladas observaciones.

En el marco de la misión Galileo, una sonda entró en la atmósfera joviana y transmitió valiosos datos antes de perderse en las profundidades gaseosas. El orbitador ha tomado fotografías y analizado los anillos y los diversos satélites. Se ha confirmado la existencia de un océano de agua líquida en el interior de Europa. Las otras grandes lunas de Galileo también han presentado sorpresas. Por ejemplo, se ha descubierto un haz de electrones que conecta Io con Júpiter; un campo magnético generado dentro de Ganímedes –el primer campo magnético descubierto en una luna-; e indicios de que Calisto también cuenta con su océano (Torrence V. Johnson, SA, 02/2000).

Pero los científicos también están interesados en planetas que se parezcan un poco a la Tierra, pero sometidos a condiciones diferentes. En tal sentido, la Tierra y Venus, provenientes de la formación del Sol, tienen más o menos la misma composición, pero se han desarrollado en forma diferente. La temperatura superficial

de Venus es 460 C. Rodeado por dióxido de carbono, Venus tiene un invernadero como atmósfera. La presión de aire es 100 veces superior a la de la Tierra. Es una mezcla de compuestos de gases sulfurosos mezclados con un poco de agua, produciendo nubes de ácido sulfúrico que engloba la superficie. Durante unos 37 años, proyectos sucesivos –que han significado 22 naves espaciales robotizadas– han tomado fotos. A todos ellos, Venus les ocultaba su superficie con sus espesas nubes. Sin embargo, lo que ha dado resultados significativos fue la nave espacial Magallanes, la que ha “mapeado” la superficie entre 1990 y 1994, gracias a que contaba con un radar. Las imágenes revelaron que en el pasado hubo una masiva erupción de volcanes, algunos de los cuales todavía están en actividad. Con ayuda de grandes computadoras, se ha establecido su historia de un millón de años (Mark A. Bullock y David H. Grinspoon, SA, 04/1999).

En el espacio, la NASA estudia en varios frentes. Uno de ellos es la atmósfera solar, para cuyo efecto el esfuerzo más importante es el envío de la sonda solar Ulises, que fue lanzado de la Tierra en 1990. Esta nave sigue su odisea científica y tecnológica, recogiendo datos que permiten comprender mejor la atmósfera solar.

Saliendo del Sistema Solar, también se encuentra materia de estudio. La nube de Oort, compuesta de cometas bajo la influencia gravitacional tanto de otras estrellas como del Sol, es hoy estudiada, sobre todo porque hay indicios de que ha sido el origen de choque de cometas con la Tierra, produciendo extinciones en masa.

## **El futuro del universo**

El Sol está destinado a extinguirse como estrella, y la vida sobre la Tierra perecerá; pero los científicos están convencidos de

que la especie humana buscará otro planeta para vivir. Como recuerdan Lawrence M. Krauss y Glen D. Starkman (SA, 11/1999), los descubrimientos recientes sobre cosmología sugieren que el universo continuará expandiéndose – en lugar de expandirse hasta un límite máximo y contraerse hasta la implosión, como se sostenía antes.

Durante los 12 mil millones de años, el universo ha pasado por varias etapas. Al principio el universo era denso y caliente. Por cientos de miles de años, dominaba la radiación, cuyo vestigio actual es la famosa radiación de microonda de fondo. Luego comenzó a dominar la materia y progresivamente se fue formando estructuras. Ahora, según se deduce de las observaciones recientes, el universo estaría comenzando la aceleración de su expansión, como si un extraño tipo de energía estuviese entrando en acción.

La tasa de nacimientos de estrellas ha disminuido hace unos 10 mil millones de años y las estrellas siguen muriendo. Dentro de unos 100 billones de años pestañará la última estrella, comenzando una nueva era. Los sistemas planetarios serán dispersados por choques estelares, habrá decaimiento de materia ordinaria y exótica, y lentamente se evaporarán los agujeros negros.

En el marco de esa evolución del universo, surgen dudas sobre el destino de la vida. Los científicos empiezan a plantear hipótesis sobre la viabilidad de la vida en situaciones extremas por las que pasará el universo.

### **Riesgos nucleares desde el espacio**

El 18 de agosto de 1999 se esperaba que la nave espacial Cassini sufriera un descenso rápido al pasar a unos 1 170 kilómetros sobre el Océano Pacífico Sur, a una velocidad de 68 000 kilómetros por hora. Se trataba de una maniobra para impulsar la

nave hacia su encuentro con Saturno en 2004. Semanas antes de esta operación, hubo manifestaciones en contra, debido al peligro de accidente de la nave, la que tenía radioisótopos generadores termoelectrónicos (RGTs), los que producen electricidad del calor emitido por el decaimiento del dióxido de plutonio 238.

Dispositivos de RGTs han proporcionado potencia a unas docenas de naves espaciales, incluyendo las sondas Voyager y Galileo. Estos dispositivos son apropiados para viajes a las partes externas del sistema solar, donde la luz solar es demasiado débil como para generar suficiente electricidad. La crítica se ha concentrado en Cassini, porque tiene la cantidad record de combustible de plutonio: alrededor de 33 kilogramos. Según los críticos, la pulverización del combustible plutonio y su dispersión sobre la Tierra podría producir entre 120 000 casos fatales de cáncer y centenares de miles de muertes (SA, 09/1999).

## **Ciencia de los cohetes**

Ante los requerimientos de los viajes espaciales, se está investigando nuevas formas de propulsión, las que, de tener el éxito esperado, disminuirían los costos de las puestas en órbita a un décimo de los actuales. El estudiante de posgrado del Instituto Tecnológico de Massachussets, Adam London, ha construido un prototipo de cámara de propulsión para un cohete miniatura, usando las mismas técnicas empleadas en la construcción de chips para computadoras. El propulsor, que quemará oxígeno y metano para sus pruebas, contendrá 6 capas de silicio fundido. La estructura tendrá un espesor de 3 milímetros. Un refrigerante de etanol circulará por canales alrededor de la cámara de propulsión diminuta y plana.

Como parte del proyecto, financiado por la NASA durante varios años, se planea construir una micro turbina a gas para un generador de potencia, la que en un pequeño espacio, puede

almacenar 30 veces más energía que una batería. Un relleno de combustible reemplazará la recarga.

El geofísico Robert M. Winglee, de la Universidad de Washington, propone la propulsión de plasma magnetosférica. Winglee proyecta construir una cámara del tamaño de un frasco de encurtido, atada a la nave espacial y rodeada por una bobina alimentada por unos cuantos kilovatios. El campo magnético cubrirá el plasma e interactuará con el viento solar, actuando como una vela gigante que transferiría energía a la bobina de calentamiento y luego a la nave espacial. Con este sistema, las naves tendrán la propulsión durante semanas y suficiente para salir del sistema solar. El sistema ha sido suficientemente atractivo para que la NASA otorgue a Winglee y dos colegas 500 000 dólares para poner a prueba sus ideas.

### **Globos y zeppelines**

En momentos en que la tecnología de los satélites y las sondas espaciales se hace cada más sofisticada, no se pierde ocasión para modernizar viejas ideas. Con el avance de la ciencia de materiales, regresan los globos para dar servicios en experimentos avanzados. I. Steve Smith Jr. y James A. Cutts (SA, 11/1999), informan que se ha diseñado globos para la alta atmósfera de la Tierra, los que tienen una vida de 100 días.

Los globos de ultra larga duración (ULDB) pueden servir para estudiar otros planetas. Marte, Venus, Júpiter, Saturno, Uranio y Neptuno son planetas con una atmósfera en la que puede colocarse globos.

Además de los globos, los zeppelines diseñados por computadoras están reemplazando a aquellos que, a principios de siglo, constituyeron un posible medio de transporte y que fueron



desechados después de la explosión, en 1937, del Hindenburg. Klaus G. Hagenlocher (Scientif American, noviembre 1999) muestra diversos proyectos que actualmente están desarrollándose. El primer vuelo del nuevo zeppelin tuvo lugar el 18 de septiembre de 1997, en Friedrichshafen. Se planea construir otros y así comenzar una nueva era para los zeppelines.

### **3.13 Telecomunicaciones**

#### **Carrera por velocidad en transmisión de datos**

Las fibras ópticas reemplazaron a los cables metálicos para transportar, en distancias largas, señales de teléfono, operadores de televisión y otras señales útiles para empresas. Luego se ha extendido a los hogares, superando entonces los límites impuestos por la atenuación que ocurre en los cables metálicos. Como lo señala Paul W. Sumate (SA, 10/1999), con la fibra óptica, los hogares pueden bajar información a 100 Mbits por segundo, que es 10 veces más rápido que la velocidad lograda con los cables metálicos. La capacidad de la fibra óptica permite comunicación simultánea de teléfono, televisión, videoconferencia, cine bajo pedido, teleconmutación y tráfico de internet, con una sola fibra. Hasta hace poco, el límite estaba impuesto por el costo. Para cada usuario significaba unos 5 000 dólares. Hoy, debido sistemas que son compartidos, el costo por hogar llega a unos 1 500 dólares con el equipamiento requerido incluido.

David D. Clark hace un análisis del vertiginoso aumento de la velocidad de transmisión de datos que llega a los hogares norteamericanos (SA, 10/1999. Según Clark, en una década, esta velocidad será 10 o 100 veces más elevada que las que hoy se usa comúnmente. Este avance dará lugar una nueva etapa de la red global.

Con esas velocidades se podrá usar una serie de aplicaciones que hoy están en sus inicios, o como conceptos en los diseñadores y empresarios. En tiempo real se puede tener acceso a música de alta fidelidad, teléfono, videoconferencia y programas de radio de una sola compañía de servicios y un solo montaje.

Con esa nueva realidad, personas separadas a miles de kilómetros podrán compartir experiencias de realidad virtual y trabajar, efectivamente, juntos en un negocio o en un proyecto académico.

Con los modems actuales se obtiene servicios de un servidor a los que uno se comunica usando la línea telefónica. Pero la calidad del servicio es limitada por la tecnología. Con la tecnología que se viene, la gente podrá recibir y enviar textos, imágenes, audio y video sobre el internet prácticamente sin retraso. El internet estará siempre abierto en varias pantallas en cada hogar, listo para atender cualquier demanda. Se obtendrá servicios de datos, multimedia y televisión, todo con precios abordables.

Los modems más rápidos actualmente es de 56 kilobits por segundo. En las redes internas se obtiene de trabajo se logra hoy 10 megabits por segundo. Por otro lado, la velocidad de las computadoras, por la tecnología, aumenta por un factor de 10 cada cinco años. Sin embargo, todos los avances serán de poca utilidad si las comunicaciones externas quedan clavadas en 56 kilobits. Ante ello los investigadores están buscando varias formas de conectar los hogares con sistemas de comunicación de datos a alta velocidad.

Hoy en día, la red de cable proporciona servicios híbridos de televisión e internet, tanto como un acceso en línea super rápido (Milo Medin y Jay Rolls, SA, 10/1999).

Uno de los avances tecnológicos, paradójicamente, ponen en uso los viejos alambres de cobre, con el sistema digital subscriber line (DSL). Con el DSL se transmite datos en forma confiable y segura a velocidades asombrosas, haciendo posible, como lo señala George T. Hawley (SA, 10/1999), ver imágenes móviles de alta fidelidad, sonida y una vasta cantidad de datos en la pantalla de una computadora personal o televisión.

La capacidad de un canal de comunicaciones depende del ancho de banda, es decir, el rango de frecuencias que usa, y su tasa señal/ruido. Un teléfono convencional usa unos 3 000 herztios (Hz), entre 300 Hz y 3 300 Hz. Un MODEM analógico que opera a 33,6 kilobits por segundo (kbps), requiere un mayor ancho de banda (3 200 Hz) y una muy buena conexión, con una alta tasa señal/ruido.

Debido a que las limitaciones de los alambres se debe a la atenuación, sobre todo de altas frecuencias, Joseph W. Lechleider propuso usar las líneas convencionales en distancias cortas entre el usuario y una oficina central. Así nació, a principios de los 1990s, el sistema DSL, el que podía transmitir cerca de 800 kbps, en una distancia de 4 kilómetros. Al principio se trató de que el usuario reciba video a través de las líneas telefónicas, lo que significaba transmisión con 6 Mbps, mientras que podría enviar en el otro sentido con una velocidad de 0,6 Mbps. La asimetría dio lugar a la ADSL. El ADSL puede usar las bajas frecuencias para la transmisión de voz. Una sola línea que transmite entonces voz y datos al mismo tiempo.

## **Redes satelitales y puntos multilocales**

En el futuro, las telecomunicaciones, según Robert P. Norcross (SA, 10/1999) tendrán un importante componente

satelital. Se prevé que pronto entrarán en servicio unos 400 satélites receptores y retransmisores de señales de internet, los que, completando la red con antenas terrestres, proveerán servicios de bajo costo. Los satélites serán equipados con nueva tecnología digital, la que proporcionará fiabilidad y seguridad en la comunicación de datos. Como los sistemas operarán a radiofrecuencias elevadas, éstos usarán haces delgados capaces de comunicarse con antenas ultra pequeñas, las que podrían ser instaladas en la mayoría de los hogares.

Hay dos tipos de satélites. Uno es el que se refiere a los satélites geoestacionarios, los que orbitan a 36 00 km sobre el ecuador, a la misma velocidad que la rotación de la Tierra. Los satélites de órbita terrestre baja (LEO), a una altura de 1 500 km, dan vuelta a la Tierra una vez cada dos horas, reduciendo el tiempo de viaje de la señal.

Los satélites evitarán los problemas generados por las transmisiones terrestres, debido a su ubicuidad, bajo costo, rendimiento y la competitividad en la diversidad.

Los avances no sólo se dan en las alturas satelitales. En el mundo de las comunicaciones, hoy ha surgido el servicio de distribución de multipuntos locales (LMDS), que es un sistema sin alambre, diseñado para enviar datos a una velocidad de 155 Mbps. El sistema LMDS puede ser clave para llevar multimedia a millones de usuarios. Con este sistema, descrito por John Skoro (SA, 10/1999), se facilita los servicios de internet, videoconferencia, juegos interactivos, flujo de video y otras aplicaciones de alta velocidad de transmisión de datos.

## **TV digital**

Los avances más notorios para la mayoría son los que se dan en el mundo de las comunicaciones. Las comunicaciones – televisión y teléfono, especialmente– usan los satélites y son digitales. La unión de la televisión y la computadora es un hecho tecnológico que, gracias al acuerdo de estándar para la fusión de las dos tecnologías, hoy llega a los usuarios. De esa forma, los sistemas establecidos en 1949 y 1950, por el Comité Nacional del Sistema de Televisión (NTSC) en Estados Unidos, serán rápidamente reemplazados por otro tipo de televisión. El nuevo sistema operará en ultra alta frecuencia (UHF) entre 470 y 890 megahertz. El antiguo sistema NTSC coexistirá con el nuevo hasta el 2006, cuando dejará de funcionar en la frecuencia muy alta (VHF), entre 54 y 216 megahertz y en la banda UHF (Jae S. Lim, SA, 05/1998).

### **Internet y multimedia**

Las comunicaciones usando el internet han dado lugar a un mundo completamente diferente, y constituye una oportunidad para los habitantes de cualquier punto del planeta. La televisión satelital permite hoy escoger entre una variedad muy grande de programas, los que abarcan prácticamente todos los focos de interés de los usuarios. Las comunicaciones por internet permite intercambiar información con todo el mundo. La tecnología multimedia abre una nueva forma de educarse o entretenerse.

Se ha puesto en órbita satélites para la comunicación de voz, con una tecnología que resulta de una combinación de la telefonía celular y de los satélites convencionales. Los teléfonos celulares utilizan frecuencias entre 800 y 900 megahertz. Los nuevos servicios de comunicación personal operan al doble de esa frecuencia (John V. Evans, SA, 04/1998).

Se prepara sistemas basados en satélites y plataformas de

gran altitud, combinados con las fibras ópticas y redes terrestre inalámbricas, para proporcionar altas velocidades de comunicación móvil global (Joseph N. Peltron, SA, 04/1998). Esto permitirá recibir programas de entretenimiento virtual, videos a demanda, telemedicina y tele educación, desde cualquier punto del planeta, con ayuda de dispositivos del tamaño de un maletín.

La puesta en órbita de satélites para la comunicación ha sido usada para establecer sistemas de posicionamiento global (GPS), que consiste de 24 satélites que circulan la tierra a una altitud de 20 000 km en seis planos orbitales (Warren L. Stutzman y Carl B. Dietrich, Jr., SA, 04/1998).

El internet es uno de servicios más favorecidos por las nuevas tecnologías. Cada año, el tráfico internet se cuadriplica, lo que requiere nuevas tecnologías de soporte. Desde 1998 se cuenta con la llamada tecnología de división multiplexer de densa longitud de onda (DWDM), la que permite la transmisión de muchas longitudes de onda por cada fibra y no requiere la conversión a señales eléctricas. De esa forma, la capacidad de las fibras ópticas aumentarán simplemente aumentando las longitudes de onda (Gary Stix, SA, 12/1998).

Paralelamente al desarrollo de computadoras, cada vez más veloces, se avanza en el campo del software para las comunicaciones. La combinación del hipertext Markup Language (HTLM) y el internet global ha dado lugar al Extensible Markup Language (XML), el que facilita las operaciones basadas en las informaciones que se intercambia. Con el XML es posible intercambiar información a través de las fronteras nacionales y culturales (Jon Bosak y Time Bray, SA, 05/1999).

El aumento exponencial del uso del internet crea problemas de búsqueda en la navegación. Ante ello ha surgido la

superbúsqueda. Actualmente existen centenares de millones de páginas a las que se puede tener acceso de cualquier parte del mundo que cuente con una computadora y un teléfono. Y el crecimiento es de un millón de páginas por año, lo que exige una modernización del software de búsqueda, que sea capaz de seleccionar la mejor información a criterio del usuario (Members of the Clever project, SA, 06/1999).

El internet ingresa en todos los detalles de la vida diaria. Por ejemplo, para comprar artículos, por lo que las empresas están elaborando software apropiado. Las empresas Visa Internacional y la Universidad Carnegie Mellon han patentado un software para pagos de pequeños montos.

La complejidad del internet obliga a buscar formas de facilitar su uso. El MIT está desarrollando el proyecto Oxígeno, con el propósito de crear una infraestructura de comunicaciones electrónicas que permita hacer más haciendo menos. Se trata de llevar la tecnología a la vida y no la vida a la computadora. Entre los temas de este proyecto se tiene el habla con la computadora, las comunicaciones multipropósito y los nuevos microprocesadores (Michael L. Dertouzos, Victor Zue, John V. Guttag, Anan Agarwal, SA, 08/1999).

Uno de los usos de mayor trascendencia del internet es la llamada ciberuniversidad. En los Estados Unidos se está difundiendo la enseñanza superior a través del ciberespacio, la que ha otorgado 200 000 bachilleratos en 1998. Las opiniones sobre sus efectos son controversiales. Un estudio de la Universidad de Pittsburgh señala que la ciberuniversidad es gravitante para las escuelas y estudiantes avanzados. Otro estudio, llevado a cabo por el Instituto para la Política de Educación Superior, en representación de la Federación Americana de Profesores y la Asociación Nacional de Educación, concluye que no hay prueba

que de que ese tipo de educación esté a la par con la educación tradicional (Wendy M. Grossman, SA, 07/1999).

Existe, sin embargo, un riesgo cada vez más preocupante del internet: la seguridad de la información y del sistema. Hay varios grupos que investigan la forma de anular a los atacantes del internet –con virus, por ejemplo–. También se trabaja en encriptaciones de información (Informe especial, SA, 10/1998).

Algunos gobiernos de países desarrollados están tratando de convencer a sus legisladores de la necesidad de intervenir las comunicaciones por internet, para contrarrestar supuestas amenazas a la seguridad de la Nación.

### **3.14 Desarrollo de materiales y dispositivos**

Los avances tecnológicos en las telecomunicaciones, las computadoras y la televisión han sido logrados sobre la base de la ciencia de los materiales. El avance de esta ciencia sigue dando sorpresa y los nuevos conocimientos darán lugar a nuevos y mejores servicios a la humanidad. Vamos a repasar los últimos logros en la búsqueda de dispositivos físicos, algunos de los cuales ya han sido integrados a la tecnología de las telecomunicaciones.

#### **Pantallas planas y avance de la óptica**

Hoy se tiene ya las pantallas planas, muy superior a las pantallas con tubo de rayos catódicos y el sistema de proyección, usados en las grandes pantallas. Las pantallas planas están compuestas de gas (generalmente una combinación de xenón y helio) a través de las cuales pasan los electrones produciendo ionización. El gas ionizado emite luz ultravioleta, la que, dentro de la pantalla, estimula el fósforo para producir luz visible, en un



arreglo apropiado para la formación de imágenes (Alan Soberl, SA, 05/1998).

Las películas delgadas ofrecen insospechadas potencialidades. Una película delgada con millones de agujeros nanométricos se comporta como un tamiz óptico, cambia el color de la luz. Es lo que descubrió Thio Tineke, del Laboratorio de Investigaciones NEC de Japón. Thio es ex colaborador de Ebbesen, quien descubrió que estos materiales dejaban pasar la luz reflejando una parte. Peter A. Wolff del MIT ha explicado estos fenómenos con la idea de paquetes de electrones, llamados plasmones, recorriendo los agujeros y guiando la luz. Estos filtros de luz podrían competir con las pantallas de cristales líquidos (W. Wyat Gibbs, SA, 07/1999).

## **Microelectrónica**

La microelectrónica está dando paso a la nanoelectrónica. Un chip electrónico está constituido de plaquitas de silicio con impurezas que forman el transistor. Sobre cada chip hay una secuencia de películas metálicas y estructuras aislantes que conectan los transistores con el entorno. Las películas delgadas pueden ser tan delgadas como una millonésima de centímetro. Para las películas más delgadas, el espesor debe ser controlado con una aproximación de  $10^{-8}$  cm, del orden del tamaño de un átomo. Estas dimensiones demandan una tecnología avanzada que, como uno puede imaginar, es equivalente a hacer diseños sub microscópicos.

La industria está llegando a producir chips de dimensiones de 50 nanómetros, es decir, de 50 millardésima (mil millonésima) de metro. A estas dimensiones empieza a producirse efectos cuánticos que limitan las posibilidades de funcionamiento de los chips construidos con la técnica Metal-Oxido-Semiconductor

(MOS). Los Laboratorios Bell investigan la factibilidad de chips con esas dimensiones. Se ha logrado construir un transistor de unos 60 nanómetros, es decir, de unos 180 átomos de ancho (SA 02/1998), que es el de menor tamaño producido hasta ahora.

La Asociación de Industrias de Semiconductores estima que, con tecnologías avanzadas de litografía, las puertas de 250 nanómetros de hoy pasarán a tamaños de 70 nanómetros en el año 2010. Esto causaría problemas de control del transistor. Por ello se está pensando en desarrollar transistores de doble puerta, lo que permitiría la desconexión del transistor, lo que hoy es imposible (Brandin D. Chase, SA, 03/1999).

### **Memorias magnéticas**

Varias empresas constructoras de computadoras, entre las cuales están IBM, Motorola y Hewlett Packard, están investigando sobre las memorias magnéticas –compuestas de arreglos magnéticos minúsculos– para computadoras. Estos chips mantendrían los datos aún sin potencia y trabajarían cinco a diez veces más rápido que la llamada memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM) que se usa actualmente. Los objetivos de la investigación son obtener i) celdas a escala microscópica compatibles con las líneas de producción de modo que los dispositivos sean tan baratos como la DRAM; ii) chips con mínimas necesidades de energía e iii) lograr velocidades de almacenamiento mejores que los 60 nanosegundos que corresponden a la DRAM. Estas investigaciones son paralelas con otras que tienden a construir computadoras cada vez más eficientes (W. Wayt Gibbs, SA, 04/1999).

### **Semiconductores: conexiones delicadas**

Las aleaciones estaño-plomo en las placas de circuitos impresos de empresas como Intel y Motorola, plantean problemas que están siendo analizadas con mucho cuidado. En todo caso, hay tendencia de sacar al plomo del proceso, por su toxicidad. La baja temperatura de fusión del plomo es ideal para la soldadura electrónica; un punto de fusión de mayor temperatura puede poner en riesgo el circuito electrónico. Varios de los eventuales materiales de reemplazo, que van desde polímeros hasta aleaciones de estaño, como el cobre y el bismuto, no constituyen uniones fuertes. Los nuevos materiales de soldadura abrirían la posibilidad de corto circuitos que perturbarían los equipos de los usuarios. El reemplazo de las aleaciones estaño-plomo le costaría a la industria norteamericana entre 140 millones a 900 millones de dólares anuales, dependiendo del material incorporado. Pero según informaciones manejadas por Gary Stix (SA, 12/2000) los mayores costos provendrían del reemplazo de varios de otros materiales en todo el circuito. Aún si se mantuviese las aleaciones de estaño-plomo, existen riesgos relacionados con la emisión de partículas alfa por parte del plomo, lo que podría dañar los microcircuitos.

## **Láseres**

Paralelamente a la miniaturización de los transistores de silicio, se ha logrado la reducción de las dimensiones de los láseres a semiconductores, hasta llegar a los millardésimos de metro, es decir nanómetros (Paul L. Gourley, SA, 03/1998). Dentro de un tiempo estos nanoláseres podrán usarse para transportar señales de luz que reemplazarán a la corriente en las computadoras. En un plazo más corto podremos verlos en las comunicaciones por fibra óptica. Actualmente, se investiga las aplicaciones de los nanoláseres en el diagnóstico temprano de enfermedades.

Los láseres fueron inventados hace 40 años y hoy se

encuentran en todas partes. Los profesores enseñan con sus punteros láser; en los supermercados, los códigos de barra son leídos con técnicas láser; y la música es hoy de alta calidad, gracias al láser y a los discos compactos. Estos láseres ponen en juego millones o millardos de átomos.

Para fines de investigación de las interacciones a escalas atómica y subatómica, se ha inventado el láser con un solo átomo (Michael S. Feld y Kyunqwon An, SA, 07/1998).

Según informa David Pescovitz (SA, 12/1999) la empresa Lucent Technology pondrá en el mercado un sistema de comunicación por intermedio de rayos laser para transferencia de datos y llamadas telefónicas. Cada unidad llamada WaveStar OpticAir, amplificador y receptor operará a la velocidad de 10 gigabits por segundo, eclipsando el ancho de banda de las tecnologías de radio inalámbrica por un factor de 65.

El alcance de las señales laser para las comunicaciones varía de acuerdo a las condiciones atmosféricas. Pruebas en New Jersey, dieron como resultado un alcance de 2,7 millas. Se piensa que comercialmente se considerará un alcance de 1 milla.

## **Computadoras cuánticas**

Usando técnicas de resonancia magnética nuclear, se está investigando acerca de las computadoras cuánticas, las que, literalmente, usan moléculas de un líquido para calcular. Estas computadoras podrán superar las limitaciones de las actuales computadoras digitales.

Para las computadoras cuánticas podría usarse cavidades de resonancia magnética que darían como resultado enormes

máquinas. Sin embargo, en el Laboratorio de Investigación Fundamental de la NEC en Tsukuba, Japón, se ha logrado un “qubit” cuántico nanométrico construido sobre un chip de silicio. El dispositivo combina las propiedades de un punto cuántico –una caja tan pequeña, que añadiendo un electrón sufre un cambio significativo– con la pureza cuántica de un estado superconductor, en el cual la corriente fluye sin resistencia (Graham P. Collins, SA, 08/1999). Este avance es un paso inicial de lo que podría convertirse en una revolución en el mundo de las computadoras.

Más aún, hoy se está especulando sobre una computadora con ADN. En un gramo de ADN –aproximadamente 1 centímetro cúbico– se guardaría una información equivalente a un billón (millón de millones) de discos compactos (Leonard M. Adleman, SA, 08/1998).

## **Robótica**

El desarrollo de la microelectrónica nos acerca al momento de ver la llegada de robots. En el Instituto Tecnológico de Massahusetts avanza en el campo de los robots, cambiando la forma de concebirlos (Tim Beardsley, SA, 01/1998). Ben Shneiderman del MIT, uno de los científicos que trata de darle carácter humanoide a las formas de comunicarnos con el internet, piensa que mejor sería amplificar por mil la creatividad humana.

El avance de la computación y de las comunicaciones por radio está permitiendo la construcción de robots y la aparición de éstos en ambientes antes impredecibles. Takeo Kanade, de la Universidad Carnegie Mellon, afirma que comenzaremos a ver robots más a menudo.

Aunque la inteligencia artificial puede tomar diversas

formas, la mayoría de los robots se movilizan con ruedas, lo que confina su movimiento a un solo piso. El inventor Dean Kamen de la empresa Johnson & Johnson anuncia la construcción de una silla de ruedas que funciona con un sistema girobalanceado que le permite avanzar en terrenos irregulares manteniendo en perfecta estabilidad. Esta silla mantiene la seguridad, aún en caso de colisión, o en una falla de un componente. Para ello, el sistema usa tres computadoras tipo pentium que pueden “votar” sobre la acción a tomar en caso de peligro.

La empresa Honda tiene un proyecto de 100 millones de dólares, para la construcción de humanoides con un desplazamiento similar a la caminata. La empresa Mobot tiene actualmente un par de máquinas que sirven como guías para los visitantes del Museo Carnegie de la ciudad de Pittsburg. (Tim Beardsley, SA, 09/1999).

### **3.15 Matemáticas y Simulación**

Las técnicas de simulación numérica permiten prever lo que puede suceder ante determinadas condiciones de sistemas reales, simulando los procesos en computadora. Para ello debe introducirse los conocimientos existentes sobre todos los componentes del proceso. Ello permite ahorrar muchos recursos, que se usan generalmente en prototipos o plantas pilotos. Asimismo, la simulación permite diseñar diversos sistemas y probar su funcionamiento virtual antes de pasar a construirlo. Por ejemplo, puede diseñarse materiales, usando conceptos avanzados de física y matemáticas.

#### **¿Por qué se rompen las cosas?**

Mark E. Eberhart, director del Centro para la Computación y

Simulación para Materiales e Ingeniería, de la Escuela de Minas de Colorado, ha formado un equipo de investigadores que se dedican a diseñar materiales, sobre la base de las interacciones interatómicas y el uso de la topología. La topología es una de las ramas de las matemáticas consideradas abstractas, dedicadas al estudio de las formas y de sus transformaciones.

A principios del siglo XX se estableció que el átomo está constituido por un núcleo de protones y neutrones, rodeado por electrones orbitales. Para el estudio del átomo se creó la física cuántica. Esta misma física permitió iniciar el estudio de las fuerzas interatómicas, primer paso para comprender las propiedades de los materiales. Sin embargo, recién en 1970, con el avance de la tecnología de las computadoras, se dio pasos significativos para la comprensión y la aplicación práctica de la física de materiales. La tecnología de las computadoras siguió avanzando. En 1990, las computadoras permitieron hacer algoritmos sofisticados para simular la ruptura y doblado de materiales.

En la ciencia de materiales se está buscando un arsenal computacional para diseñar los materiales con las propiedades que se quiera. La investigación ya comenzó para los materiales más livianos y más fuertes. Por ahora se busca aleaciones para los aviones supersónicos e hipersónicos. Para ello, los algoritmos buscan distribuciones de cargas interatómicas que produzcan las propiedades buscadas.

Julie Dorsey, del MIT, y Pat Hanrahan, de la Universidad de Standford, han usado (SA, 01/2000) métodos de simulación por computadora para estudiar el deterioro de los materiales expuestos al medio ambiente. Se puede simular la estructura interna del material y la dispersión de luz, así los fenómenos de envejecimiento como la corrosión. Esta tecnología ha sido usada en el diseño de los aviones Boeing 777. Igualmente se está usando para la evaluación de edificios.





## **Humanos virtuales**

La simulación de procesos en computadora está dando resultados sorprendentes. Una de las aplicaciones más difundidas es la animación de movimientos humanos que permite crear los llamados humanos virtuales. Pero también se simula comportamientos de sustancias orgánicas rodeados de agua. Ello permitiría comprender las funciones de las células en el agua (Mark Gerstein y Michael Levitt, SA, 11/1998).

## **Simulación de comportamiento colectivo de insectos**

El comportamiento colectivo de varias colonias de insectos, entre las que se encuentran las hormigas y las termitas, ha sido simulado para resolver los complejos problemas de direccionamiento en una red de telecomunicaciones ocupada. Eric Bonabeau y Guy Thérault (SA, 03/2000) han descubierto que cada insecto tiene sus propios objetivos, pero al final el comportamiento de grupo aparece altamente organizada. La integración de los comportamientos se hace sin ninguna supervisión. Esa autoorganización surge de interacciones entre individuos. Aunque esas interacciones son simples, el conjunto puede resolver problemas complejos. Uno de estos problemas es la ruta más corta para llegar a una fuente de alimentos. Este comportamiento colectivo, que emerge de un grupo social de insectos ha sido denominado “enjambre inteligente”.

La inteligencia de enjambre es hoy estudiado y aplicado para resolver varios problemas, entre los que se cuenta un nuevo método para redireccionar el tráfico de telecomunicaciones en una red ocupada. También es usada para elaborar algoritmos para robots. La forma en la que guardan sus muertos y ordenan sus

larvas puede ser usada para el análisis de datos bancarios. La división de labores entre las abejas puede tener aplicaciones en los ensamblajes en línea.

### **Simulación de choques**

Las compañías constructoras de automóviles realizan hoy simulación de choque de autos para estudiar la seguridad de sus modelos (Stegan Thomas, Michael Holzner y Touraj Gholami, SA, 03/1999). La seguridad es un tema importante en Estados Unidos, en la medida de que en 1997 hubo 6 764 000 accidentes informados a la policía, los que causaron 41 967 muertos y 3 4000 000 heridos.

### **Cálculos de riesgos de capital**

A tono con las realidades económicas, se está desarrollando programas de cálculo de riesgos de capital, en los que se tiene en cuenta todo lo imaginable que pueda afectar el desarrollo de una empresa (Garu Stix, SA, 05/1998).

Por otro lado, los multifractales hoy son aplicados para analizar el curso de los valores en Wall Street (Benoist B. Mandelbrot, SA, 02/1999).

### **Pruebas nucleares virtuales**

Chritopher E. Paine, investigador del Programa Nuclear del Consejo de Defensa de los Recursos Naturales de los Estados Unidos, da cuenta (SA, 10/1999) de un ambicioso programa de pruebas nucleares simuladas por computadoras. Como se sabe, en agosto de 1945, 210 000 personas fueron muertas en las ciudades

de Hiroshima y Nagasaki por explosiones nucleares. Desde entonces se estableció la llamada paz del terror nuclear. Al finalizar la guerra fría, se inició un proceso de desmantelamiento de armas nucleares y de tratados que dieron por resultado la prohibición de pruebas nucleares. Esto se hace después de que la tecnología ha dado bombas capaces de destruir instantáneamente 15 millones de personas, si éstas explotasen en Bombay o Tokio, por ejemplo.

A pesar de la prohibición de pruebas nucleares, persiste la competencia nuclear entre los países. Sin embargo, la competencia se ha tornado virtual. El Gobierno Norteamericano reclama que se necesita “pruebas virtuales” para certificar la eficiencia de las bombas que se tienen almacenadas. Dada las características de la simulación por computadora, puede afirmarse que ésta dará lugar también a diseños de nuevas bombas muy eficientes, las que podrían ser construidas inmediatamente después de una decisión tomada en cualquier momento. En otras palabras, la guerra atómica es ahora virtual, pero puede hacerse más mortífera de lo que hoy podemos imaginar.

### **3.16 Otros aspectos de la ciencia y la tecnología**

Las investigaciones científicas y tecnológicas avanzan en múltiples direcciones, algunas de las cuales tienen que ver con aspectos humanos muy sensibles. Como ejemplo de la variedad de temas, hemos escogido las investigaciones que relacionan la criminalidad con la natalidad no deseada, imágenes y protección antiterrorista, espionaje científico y las estafas científicas. Estas últimas oscurecen el prestigio que goza hasta ahora la ciencia, considerada como una actividad ajena a la subjetividad y la deshonestidad.

Energía negativa

Los físicos teóricos no dejan de sorprender con sus teorías sobre la energía y el espacio. Hoy, afirman que la mecánica cuántica admite que una región del espacio puede tener menos que nada; su densidad de masa y energía puede ser menos que cero.

Las consecuencias de ello son fantásticas. Como se sabe, según la relatividad general, la presencia de masa y energía da forma al espacio y el tiempo. La gravedad que percibimos es producto de la densidad positiva de masa y energía. Cuando la masa y la energía negativas distorsionan el espacio y el tiempo, puede ser posible túneles de gusano a través de los cuales uno puede pasar a otro lugar distinto del universo; y también podría construir máquinas del tiempo para viajar al pasado. La energía negativa podría servir para destruir agujeros negros o para construir máquinas de movimiento perpetuo.

Los físicos norteamericanos Lawrence H. Ford y Thomas A. Roman, han descubierto (SA, 01/2000) que la naturaleza impone condiciones que permitirían la existencia de energía negativa de muy corta duración, lo que hace improbable sus aplicaciones.

### **Levitación magnética**

La levitación magnética ha sido usada para la construcción de prototipos de trenes de alta velocidad, sobre la propuesta de Gordon T. Dandy y James R. Powell del Brookhaven National Laboratory, basada en bobinas superconductoras que producirían magnetos que levarían los trenes a alta velocidad. En los años 1970s y 1980s, Alemania y Japón construyeron prototipos de trenes con esa tecnología. Sin embargo, a pesar de que estos trenes tenían posibilidades de alcanzar velocidades hasta de 500 km/h, el proyecto no fue llevado hasta la escala comercial.

La razón de ello fue la complejidad y alto costo de

operación. El modelo japonés requería de equipos criogénicos para mantener las bobinas a temperaturas de 5 kelvins. El modelo alemán, aunque era construido con magnetos convencionales, era muy estable, debido a que era basado en la atracción magnética, en lugar de repulsión, como era el caso del modelo japonés. Cada tren tiene que estar equipado con sensores y circuitos de retroalimentación para mantener la separación entre los carros y los rieles. Los magnetos pueden dejar de funcionar abruptamente, incluso en pleno movimiento a gran velocidad. Las mejoras requeridas son muy costosas.

Richard F. Post, investigador del Livermore National Laboratory, propone un sistema que emplea magnetos permanentes en los costados bajos de los trenes, los que levantarían a unos cuantos centímetros sobre los rieles. Este sistema parece ser mucho más seguro y barato que los prototipos alemanes y japoneses.

### **La criminalidad y el control de la natalidad**

Desde principios de los años 1990s, en Estados Unidos, el crimen ha caído cada año. En 1997, la tasa de criminalidad cayó en 7%. Según Marguerite Holloway (SA, 12/1999), entre las explicaciones que se ha dado a este fenómeno, se puede pensar en las siguientes: mayor cantidad de agentes de policía rondando las calles, más gente peligrosa está en prisión, la economía ha mejorado, el uso de drogas peligrosas ha disminuido, ha aumentado el número de guardias y alarmas. Pero, lo que ha llamado la atención es el estudio de los economistas Steven D. Levitt de la Universidad de Chicago y John J. Donohue III de la Universidad Yale. Estos economistas plantean la hipótesis de que la disminución del crimen en Estados Unidos se debe a la legalización de aborto en 1973.

Según los mencionados investigadores, los bebés no deseados en 1973, de haber nacido, habrían influido elevada la tasa

de criminalidad. Los bebés nacidos en 1973 estarían alrededor de los 18 años en 1992, primer año en que comenzó a disminuir la tasa de criminalidad.

### **Imágenes y protección antiterrorista**

La protección de instalaciones públicas contra el terrorismo demanda la identificación de sospechosos. Con este objetivo se usa la tecnología biométrica que puede identificar usuarios de computadoras por sus huellas digitales, sus voces, sus iris y sus retinas. Al mismo tiempo se ha establecido la Agencia para el Proyecto de Investigación sobre Defensa Avanzada, el que ha instalado sistemas de vigilancia por video y tecnologías de reconocimiento, como las que se usan para identificar usuarios de cajeros automáticos, tomando imágenes de sus rostros. Con técnicas biométricas, se podrá identificar sospechosos de terrorismo o personas que repetidamente pasan por las instalaciones. El programa es llamado Entendimiento de Imágenes para la Fuerza de Protección. El Pentágono espera gastar 11,7 millones de dólares, según David Gunning, de la DARPA, en información tomada por Daniel G. Dupont (SA, 12/1999)

### **Espionaje científico nuclear**

Son públicos los casos de espionaje en el Laboratorio Nacional Los Alamos de los Estados Unidos. Se sospecha que, a mediados de los 80s, pasó información clasificada sobre tecnología de bombas nucleares de fusión a China. La sospecha está basada en el tipo de señales sísmicas emitidas por las explosiones nucleares chinas, las que se parecen a las producidas por las cabezas termonucleares W-88 de los submarinos lanzadores de misiles balísticos Trident II. Esta situación ha dado lugar a propuestas que llegan hasta las de cerrar las visitas de extranjeros a los laboratorios

sensibles de los Estados Unidos (Philip Yam, SA, 06/1999).

### **Estafa científica**

El bioquímico Robert P. Liburdy, ex investigador del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, generó datos falsos para presentar supuestos resultados experimentales que hubieran demostrado que los campos electromagnéticos de 60 hertz, como aquellos emitidos por dispositivos eléctricos y líneas de potencia, alteran el movimiento de iones de calcio a través de canales en las membranas que rodean células cultivadas. Liburdy recibió 6 millones de dólares para hacer esta investigación. De éstos, Lawrence Berkeley ha devuelto sólo los 360 858 dólares que no fueron gastados. Este tipo de estafas cubre de nubarrones de dudas en el campo de la ciencia, mermando el grado de credibilidad de algunos científicos, lo que finalmente redundará en todos los campos de la ciencia.

## 4 Conclusiones

Para analizar los aspectos de la relación entre la educación, la ciencia, la tecnología con la industria en nuestro país, varias organizaciones profesionales organizaron, en 1989, el Simposio “Ciencia, Tecnología e Industria para el año 2 000 (SICITI 2 000)”

En ese simposio participaron el Ing. Mario Samamé Boggio (Ministro de Energía y Minas), el Ing. Carlos Raffo (Ministro de Industria), el Dr. Carlos del Río (presidente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y expertos en los diversos temas de la educación, la ciencia y la tecnología. En el evento se ratificó la urgencia de una política científica y tecnológica que permita sacar el país de la suerte de despeñadero tecnológico en el que se encuentra.

¿Qué avances se ha hecho durante la década de los 90s? En los diversos sectores de la sociedad, se ha difundido los conceptos relacionados con la ciencia, la tecnología y la industria. En coordinación con varios institutos de investigación y universidades, se obtuvo que aparezca en la Constitución el deber del Estado de promover el desarrollo científico y tecnológico del país. Hoy, es común que partidos políticos, organizaciones empresariales y organismos privados, sostengan que, para lograr el desarrollo integral y autosostenido, es necesario que se invierta en ciencia y la tecnología.



Por otro lado, se ha venido estrechando lazos de colaboración para la promoción de la ciencia y la tecnología. En torno a la Comisión de Política Científica y Tecnológica (COMPOLCYT) de la Confederación de Instituciones Empresariales Privadas (CONFIEP), se inició un proceso que germinó y dio cuerpo a la idea de un proyecto científico y tecnológico para la industria, el que debía presentarse al Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Este proyecto, desde el inicio, fue impulsado por el Ministerio de Turismo, Industria, Comercio e Integración (MITINCI), a través del Viceministro de Industria, cuyo titular era miembro del COMPOLCYT. Sin embargo, hasta hoy no se logra el ansiado préstamo del BID, préstamo similar a los que han tenido nuestros vecinos, y en varias oportunidades.

Por otro lado, como expresión del creciente interés por el tema de ciencia y tecnología, el Congreso de la República creó, en 1997, la Comisión de Ciencia y Tecnología. Esta Comisión ha presentado al Congreso un proyecto de incentivo a la inversión en ciencia y tecnología. Este proyecto aún no ha sido aprobado por el pleno. Lo que sí ha logrado la Comisión, bajo la presidencia del Dr. Rafael Urrelo, es la aprobación de la Ley de Centros de Innovación Tecnológica, la que promueve la innovación, la calidad y la productividad en la industria nacional.

A pesar de estos avances, las propuestas hechas por los expositores en el “SICITI 2 000” siguen vigentes en sus respectivos campos. Las oportunas decisiones políticas en ciencia y tecnología - que debieron tomarse hace 10 años - pudieron haber significado pasos cruciales para acelerar la marcha hacia el desarrollo. Al no haberse tomado esas decisiones, sigue la urgencia de sensibilizar a la sociedad sobre la importancia de la ciencia y la tecnología.

Por todas esas motivaciones, la Universidad Ricardo Palma y el CEPRECYT, en mayo del 2 000, organizaron el foro “Educación,

Ciencia, Tecnología e Industria para el año 2010. En este foro participaron el Dr. Rafael Urrello, la Dra. Luz Doris Sánchez (bióloga, congresista electa), el Dr. Gerardo Ayzanoa (consultor en Educación), el Prof. León Trahtemberg (experto en temas educativos) y varios otros profesionales en ciencia y tecnología.

En ese foro, se hizo notar que, a pesar de los numerosos esfuerzos por promoverlas, en el Perú, en el año 2 000, la ciencia y la tecnología se encuentran bloqueadas. Tal parece que nos hubiéramos resignado a producir materias primas, y a ofrecer nuestras riquezas naturales y arqueológicas para el turismo. Por otro lado, la educación pública sigue sin ofrecer las condiciones mínimas encontradas en países de América Latina.

¿Qué hacer? Gerardo Ramos lo dijo en el “SICITI 2 000”: “se necesita dirección política en ciencia y tecnología”.

Como hemos visto, se ha priorizado la promoción de la minería. Pero todos sabemos que los hombres más ricos del mundo no están entre los mineros. Bill Gates ha mostrado que el cerebro es la mayor fuente de riqueza. Por ello, la decisión política fundamental tiene que ver con el potencial humano. Se trata de ofrecer condiciones adecuadas para que los investigadores se dediquen a la investigación de productos y servicios que interesen a la empresa. Las empresas que sobrevivirán en el siglo XXI serán las que hayan estudiado el mercado global, decidido las direcciones correctas de investigación y cuenten con el personal mejor capacitado.

La base para lograr esos objetivos es la educación. La priorización de la educación es una urgencia, pero una educación que valore la ciencia y tecnología, la creatividad, el espíritu empresarial, el liderazgo. El conocimiento atrae inversiones del sector privado, porque garantiza un valor agregado que las rentabiliza.

Para que el país aumente su potencial, se debe contar con una educación de calidad, la que llegue a todos los peruanos. Como paso inicial, debe facilitarse el acceso masivo a internet, a través de los centros escolares y en los propios hogares. La red global, internet, ofrece posibilidades para disminuir la inequidad en el acceso a la información.

La información es un elemento fundamental para el desarrollo. Sin embargo, para que el país crezca, debe tener qué informar y qué ofrecer, elaborar productos, resolver problemas. Por ello, creo que la esperanza del Perú está en los cerebros de los niños peruanos. Su temprano inicio en la experimentación e interpretación de fenómenos naturales y artificiales, así como la solución de problemas tecnológicos de la vida diaria, hará posible que los peruanos de la próxima década miren el Perú con posibilidades, que no siga alejándose de las naciones civilizadas, las que brindan a sus ciudadanos una vida digna.