

Innovación y Ciencia

VOLUMEN III, N° 1, 1994

**En busca
de las
partículas
elementales**

A central visualization of a particle detector, likely a bubble chamber or cloud chamber. It features a bright, glowing red and orange core from which numerous thin, dark, conical tracks radiate outwards. Small, glowing red spheres are scattered along these tracks, representing ionization events or particle tracks. Two larger, prominent tracks are highlighted with a green-to-yellow-to-red gradient, each ending in a large, glowing green sphere.

Los computadores del futuro

**La vacuna contra la malaria:
últimos avances**

ASOCIACION
COLOMBIANA PARA EL
AVANCE DE LA CIENCIA

A.C.A.C.

CURSOS
INTERNACIONALES DE
EDUCACION CONTINUADA
EN RECURSOS BIOLÓGICOS
SUBUTILIZADOS
1994

**EXTRACCION DE
ACEITES ESENCIALES**

Mayo 12 al 14
Laboratorio de Fitoquímica
Universidad Industrial
de Santander

**ZOOCRIA DE
REPTILES PROMISORIOS**

Junio 1 al 4
Asociación Colombiana para
el Avance de la Ciencia - A.C.A.C.
Santafé de Bogotá



Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia
A.C.A.C.

Programa Interciencia
de Recursos Biológicos
P I R B

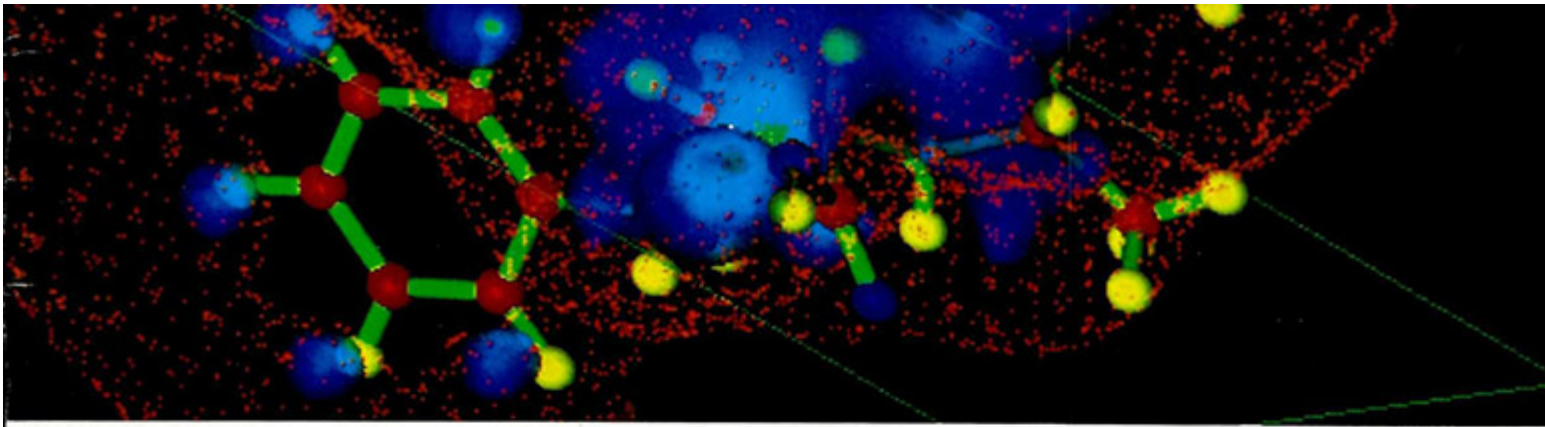
Carrera 50 No 27-70 - Bloque C3
A.A. 92581 - Fax: 221 69 50
Tels: 221 73 48 - 221 33 13
Santafé de Bogotá - Colombia

**PERSPECTIVAS DE
CARACOLES PROMISORIOS**

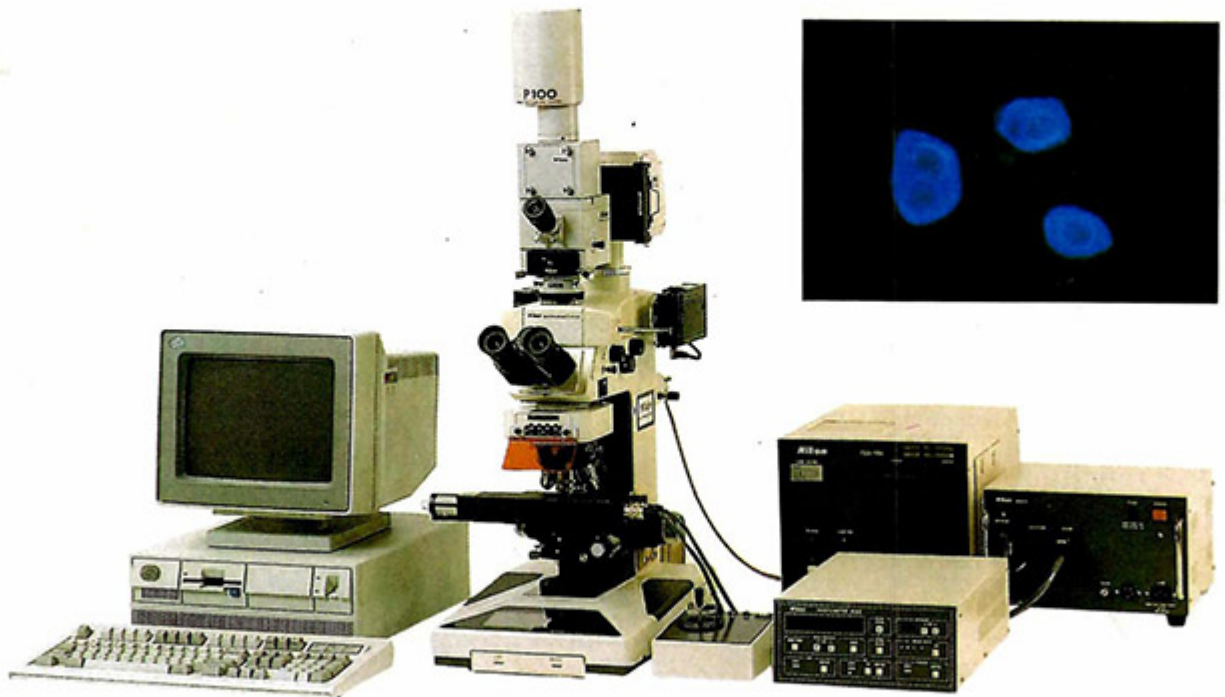
Agosto 18 al 20
Colegio Altos Estudios Quirama
Rionegro - Antioquia

**CULTIVO DE
HONGOS PROMISORIOS**

Noviembre 3 al 5
CENICAFE
Chinchina - Caldas



Instrumentos ópticos y científicos con la más avanzada tecnología.



Sanitas ^{IDS}
Ltda.

CARRERA 13 No. 55 - 28 Interior 2 Tels: 248 88 75 - 235 74 21 - 249 35 90 A.A. 53068 Cables: ALMASANITAS
Fax: (57-1) 235 93 54 Bogotá - 2 Colombia



**ASOCIACION COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
- A.C.A.C. -**

JUNTA DIRECTIVA NACIONAL 1993-1995

PRINCIPALES
Eduardo Posada **Presidente**
Fabio Chaparro **1º Vicepresidente**
Margarita Botero **2º Vicepresidente**
Jaime Ahumada **Secretario**
Carlos Corredor **Tesorero**
Alberto Ospina **Vocal**
Paulo Orozco **Vocal**
Guillermo Hoyos **Vocal**
Raquel Frías **Vocal**
Asociación de Entidades del Sector
Electrónico - ASESEL
Centro de Investigaciones Oceanográficas
e Hidrográficas - CIOH

Veedor
Marcelo Riveros

Directora Ejecutiva
Nohora Elizabeth Hoyos T.

Asesoría Editorial
Mauricio Pérez Gil

Jefe División de Publicaciones
Raquel Rodríguez G.

Comité Editorial
Nohora Elizabeth Hoyos T., Alberto Ospina T.,
Eduardo Posada F., Raquel Rodríguez G.,
Martha Patricia García

Consejo Editorial Internacional
Isabel Llano, Abdus Salam,
José Fernando Escobar, Leon Lederman

Consejo Editorial Nacional
Antonio Ordóñez-Plaja, Carlos Corredor,
Efraim Otero, Guillermo Hoyos,
Jorge Eliécer Ruiz, Jorge Rodríguez Arbeláez,
Luis Eduardo Mora-Osejo, Manuel Elkin Patarroyo,
Rodrigo Escobar Navia, Rodrigo Gutiérrez

Diseño Gráfico e Ilustraciones
Olga Lucía Daza

Publicidad
Ana Lucía Melo

Fotografía
Super Stock, Gamma Sur, The Image Bank

Corrección de Estilo
Jorge Iván Cadavid

Digitación de Textos
Elizabeth Contreras S.

Pre-prensa Electrónica
Zeta Comunicadores

Impresión
Témpera Impresores

DERECHOS RESERVADOS. Prohibida su
reproducción parcial o total sin
autorización expresa del Consejo Editorial.
La publicación no es responsable legal del
contenido de la publicidad de la revista.

Resolución Ministerio de Gobierno N° 5447 del 9 de
Octubre de 1992. ISSN 0121-5140. Tarifa Postal
Reducida. A.C.A.C. Cra. 50 N° 27-70. Edificio
Camilo Torres. A.A. 92581. Fax: 2216950. Tels:
2213313 - 2217348 - 2216769.
BITNET: ACAC @ ANDESCOL.
Santafé de Bogotá - Colombia.
Precio de venta al público \$ 3.500.

CONTENIDO



PORTADA

Se ha logrado penetrar cada vez más profundamente en el interior de la materia, encontrando átomos entre moléculas; núcleos y electrones entre átomos; protones y neutrones entre núcleos, y quarks entre protones, etc.

NOTA DEL EDITOR

El poder del conocimiento

7

CORRESPONDENCIA

• Mensajes para INNOVACION Y CIENCIA

8

• Mensaje de la ACAC al Fiscal General de la Nación

9

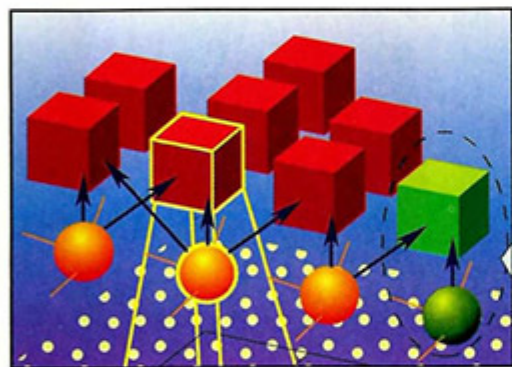
NOTICIAS & COMENTARIOS

10 GENETICA
Genética y longevidad

12 INVESTIGACION
Beneficios económicos a los investigadores

Innovación y Ciencia

Volumen III, N° 1 - 1994



ARTICULOS

FISICA

La búsqueda de las partículas elementales

16

BIOTECNOLOGIA

Las microalgas. Un potencial biotecnológico para Colombia

26

MEDICINA

La vacuna de Patarroyo contra la malaria.
Trayectoria de una idea

32

INFORMATICA

Multiprocesadores de muy alta potencia

40

METEOROLOGIA

Conexiones entre el estado del tiempo en regiones distantes:
Mito o realidad

48

CIENCIA Y TECNOLOGIA

Propuesta para un plan colombiano
de desarrollo en ciencia y tecnología

56

NOTICIAS A.C.A.C.

60

INDUSTRIA

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial. VECOL S.A.

64

NOVEDADES EDITORIALES

68

HISTORIA DE LA INFORMATICA

El hombre que introdujo a la IBM en el mundo de los computadores
Apple Macintosh: 10 años en el mundo de la informática

70

**Una vez más
nos sentimos orgullosos de nuestros**

Clientes....

**ellos nos postularon para
EL PREMIO A LA EXCELENCIA EN EL SERVICIO FENALCO,
CREDENCIAL MASTER CARD**

y lo obtuvimos!



Mil gracias a todos ellos



**TEQUENDAMA
INTER•CONTINENTAL
BOGOTA**

NOTA

DEL EDITOR

El poder del conocimiento

Ciudades en el espacio, supercomputadores de mesa, redes de información a escala planetaria, cura genética de las enfermedades, prolongación de la vida, producción casi ilimitada de alimentos, disponibilidad de cantidades enormes de energía barata. No se trata aquí de audaces especulaciones, dignas de la imaginación de Julio Verne o de H.G. Wells, sino de simples extrapolaciones de la situación actual de la ciencia y la tecnología y de su desarrollo previsible a corto y mediano plazo.

Las estaciones orbitales y la colonización de los planetas cercanos son hoy totalmente posibles desde el punto de vista técnico; el progreso increíble de la miniaturización, que hoy nos lleva a hablar de nanoingeniería, unido a los avances en ciencia de materiales, incluyendo las maravillosas cerámicas superconductoras, hacen perfectamente plausible que el computador personal del mañana tenga la capacidad y la rapidez de un supercomputador de hoy; el uso masivo de las fibras ópticas, de los satélites y de los discos compactos para almacenamiento abren, para antes de diez años, vertiginosas posibilidades de información e intercomunicación a escala planetaria; los avances de la biotecnología y los de la ingeniería genética, y los resultados de la fabulosa operación del establecimiento del genoma humano, permiten esperar para los albores del siglo venidero el nacimiento de una nueva agricultura y de una nueva medicina; el uso masivo de satélites para la producción de energía eléctrica a partir de la energía solar y el probable control de la energía de fusión, aportarán, por último, cantidades inmensas de energía, económica y no contaminante.

Esos avances, perfectamente previsible, no incluyen los descubrimientos de la investigación básica, de los cuales no podemos hoy imaginar ni siquiera en qué campo se harán, ni qué aspecto tendrán, pese a que han sido los que han producido los cambios más espectaculares en la historia, desde el descubrimiento de las ondas hertzianas hasta la elucidación de la estructura de la doble hélice del ADN, para no citar sino dos casos entre cientos. El desarrollo de la sociedad humana en el próximo milenio, aún más que en el presente siglo, estará fundado de manera irrever-

sible en la ciencia y la tecnología. El poder será de quien posea el conocimiento.

El vertiginoso progreso de la ciencia ha tenido lugar de manera casi exclusiva en las naciones industrializadas, que a él deben su actual prosperidad. Dado el capital humano y la infraestructura que éstas han acumulado a lo largo de las últimas décadas, es de prever que tal situación se mantendrá en el futuro y que la brecha que las separa de los mal llamados países en desarrollo no cesará de aumentar, limitándose estos últimos a ser proveedores de materias primas y compradores de la tecnología que los más avanzados juzguen oportuno entregarles, manteniendo así un estado de dependencia igual o peor al que se dio en las épocas nefastas de la colonización. Cualquier país que aspire a romper ese cerco y a brindar a sus habitantes un bienestar social y económico adecuados, dentro de una verdadera independencia, debe, antes que todo, buscar la autonomía en el conocimiento.

Colombia, país de mediano desarrollo, dueño de fabulosas riquezas naturales, de un clima privilegiado, de una diversidad cultural y geográfica casi únicas y de un apreciable capital humano, tiene hoy una magnífica oportunidad, tal vez la última, de embarcarse en el tren del desarrollo. Es menester para ello poner en práctica soluciones audaces, que nos permitan avanzar a saltos, sin tratar de recorrer paso a paso los mismos caminos que otros ya han andado.

Por qué no aprovechar, como lo decíamos en otra oportunidad, los promisorios recursos de Cusiana para lanzar un programa realmente ambicioso de desarrollo educativo, científico y tecnológico que se constituya en el punto de partida de la auténtica revolución pacífica y que sitúe a Colombia de una vez por todas en el camino de un verdadero desarrollo. Teniendo en mente esta inaplazable necesidad, en este número presentamos un resumen (pág. 56) de los planteamientos que hemos formulado en años pasados en diversos foros, con la esperanza de que tales ideas aporten elementos para ello.

**EDUARDO POSADA F.
NOHORA ELIZABETH HOYOS T.**

MENSAJES

Para Innovación y Ciencia

Muy apreciados Amigos:

Agradezco de veras el envío de los números 3 y 4 de la revista INNOVACION Y CIENCIA. Bien saben ustedes de qué manera he admirado el esfuerzo lleno de imaginación, de persistencia y de eficacia, con que la Asociación para el Avance de la Ciencia ha logrado vencer la rigidez y el conformismo burocrático, privado y público, frente al inmenso tema de ciencia y tecnología en Colombia.

Los logros alcanzados por el país durante la época reciente, en términos legales, institucionales y políticos, están indiscutiblemente ligados a la tenacidad con que ustedes han luchado sin descanso.

La revista INNOVACION Y CIENCIA es una prueba de excelencia, que nos reconcilia a todos con la virtualidad, latente en nuestra comunidad científica nacional, para conectarnos con la realidad global de conocimiento. Me he sentido especialmente gratificado con el contenido del No. 4, por su enfoque imaginativo y audaz sobre las virtualidades de Cusiana.

Tanto la nota del editor, como los puntos de vista del senador Chávez López, y el novedoso y muy oportuno análisis del doctor Pedro Amaya, discutibles o no, muestran a las claras que existen alternativas convenientes, distintas a las que dicta el tratamiento de ortodoxia convencional.

Desde mi posición de servidor público y, desde luego, por convicción personal, estoy a disposición de ustedes para cooperar, en la medida mayor de mis posibilidades, en todos aquellos aspectos en que la Asociación que ustedes presiden considere que la Misión Diplomática a mi cargo puede coadyuvar de alguna manera.

Con mi cordial saludo,

MARIO CALDERON RIVERA
Embajador de Colombia en Atenas

Estimados Señores:

Probablemente un medio que se ha mostrado como el vocero de toda la ebullición de ideas, conceptos e interpretaciones en el amplio mundo del quehacer científico, como INNOVACION Y CIENCIA, pueda dar cabida a la crisis actual en la biología evolutiva, sistemática y biogeográfica, dedicando un número especial que reúna voces y pensamientos de diversas inclinaciones ante los pros y los contras del debate. Estos autores podrían en sus páginas reflejar y sintetizar problemas concretos y sus probables perspectivas. Es un tema complejo, y este número especial no puede —como ningún otro— agotar en espacios cortos toda la riqueza de argumentos sobre el actual y apasionante proceso de cambio en la biología, proceso cuya importancia y consecuencias históricas quizá estemos cerca de observar.

FERNANDO FERNANDEZ C.
Santafé de Bogotá, D.C., A.A. 77038

Respuesta

El Comité Editorial estudió su propuesta de dedicar un número de INNOVACION Y CIENCIA al tema de la evolución y concretamente a la biología evolutiva. El Comité encontró que tanto el tema como el enfoque que se le quiere dar, encajan dentro del espíritu de la revista; de igual manera, encontró acertada la selección de temas y autores. Por tanto le rogamos impulsar este proyecto que redundará en beneficio de nuestros lectores.

Mensaje de la ACAC al Fiscal General de la Nación

En los últimos días, la prensa nacional se ha ocupado abundantemente del caso del doctor Hugo Hoenigsberg, acusado por una de sus alumnas de doctorado de apropiarse de sus ideas.

Ante la gravedad de esos hechos, que pueden afectar de manera muy seria a la comunidad científica nacional y al progreso de la ciencia y la tecnología en Colombia, nos parece indispensable puntualizar la práctica global en uso en las ciencias experimentales y generalmente aceptada en la mayoría de las ciencias sociales.

La relación entre el profesor y el estudiante de postgrado, particularmente el de doctorado, resulta del reconocimiento que el estudiante hace de la experiencia que tiene el profesor en el área de estudio y de sus aportes a la investigación y, por consiguiente, de su capacidad para dirigir su trabajo.

El proceso de investigación que se genera dentro de esta relación tiene como etapas fundamentales:

1. El estudiante entra a hacer parte de un grupo liderado por el profesor.
2. Hace su trabajo experimental dirigido por el profesor y dentro del programa de investigación para el cual el profesor ha conseguido la financiación necesaria de fuentes universitarias y estatales.
3. Periódicamente discute con el profesor los resultados que va obteniendo.
4. Finalmente llegan a un acuerdo común acerca de las conclusiones e implicaciones que se derivan de ese trabajo experimental.

Cuando el trabajo está concluido a juicio del profesor, el estudiante escribe independientemente una tesis cuya versión final, después de ponerse los dos de acuerdo en cuanto a su contenido y formato, es avalada por el profesor con su firma y llevada ante un comité *ad hoc* para que sea juzgada por sus pares. La tesis, al ser escrita de manera independiente por el estudiante, es propiedad de éste y es juzgada como

tal para que el comité *ad hoc* pueda decidir si se acepta, y en caso afirmativo se le expide el título de doctor.

Sin embargo, los resultados y conclusiones que se deriven del proceso de investigación, se presentan en congresos nacionales y extranjeros y se difunden a la comunidad científica en revistas especializadas en forma de artículos en los que son coautores tanto el o los estudiantes que participaron en el proceso, como el profesor.

De acuerdo con este procedimiento, las agencias financiadoras de investigación generalmente dan fondos al programa del profesor y no al estudiante, quien sólo lleva a cabo una parte del programa general del profesor (este es el caso en Colombia).

Finalmente, debe quedar claro que las ideas no son propiedad de una persona, y esto es particularmente cierto en el caso de la ciencia, en donde existe un acervo colectivo, claramente documentado y libremente disponible en publicaciones científicas y bases de datos internacionales. Son las aplicaciones de estas ideas o su formulación literaria las que pueden ser objeto de normas de propiedad intelectual o industrial. Estas normas, convertidas en leyes que se acomoden a los usos internacionales vigentes, deben ser urgentemente concertadas entre el Gobierno, la comunidad científica y el sector privado.

Esperamos, señor Fiscal, que estas consideraciones permitan orientar el debate que necesariamente debe darse sobre estos temas. Por demás está decir que estamos dispuestos a ampliar estos apuntes en caso de que usted lo considere oportuno.

**Junta Directiva,
Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia,
Santafé de Bogotá, D.C.,
3 de febrero de 1994**

En su eterna búsqueda de la inmortalidad, el ser humano haría bien en volver los ojos hacia los organismos humildes.

Genética y longevidad

dicho mecanismo podría contribuir a la realización de un antiguo anhelo de la especie humana: derrotar el envejecimiento y prolongar la existencia.

La mutación que trae como consecuencia dicha longevidad ocurre en el gen *daf-2*, pero su efecto requiere la participación de otro gen, el *daf-16*. Estos dos genes regulan la formación de la larva dauer, uno de los estadios de crecimiento del *C. elegans*. La forma larval, adoptada por el organismo preadulto en condiciones de exceso de población y escasez de alimento, se caracteriza por ser pequeña, delgada y sexualmente inmadura, y por tener una larga vida. Cuando las condiciones ambientales mejoran, el proceso de desarrollo continúa hasta alcanzar el estado adulto.

Observaciones realizadas en el laboratorio muestran que varios mutantes sensibles a las variaciones de temperatura (los mutantes *daf-2*, *daf-11*, *daf-7* y *daf-14*) adoptan el estado de larva dauer sin que se presenten las condiciones críticas que inducen su formación en la naturaleza. En estado natural la forma larval dauer es el tercer estadio de desarrollo (L3), y la decisión de adoptar esta alternativa debe ser tomada por el organismo en el estadio 1 (L1).

Kenyon y sus colaboradores sometieron a los mutantes a temperaturas no permisivas, en estadios posteriores, y les dejaron alcanzar el estado adulto para determinar si la longevidad aumentaba en individuos

no dauer. Además, puesto que muchos mutantes sensibles a cambios de temperatura muestran una actividad genética reducida, se observó también la duración de su período de vida a temperaturas más bajas.

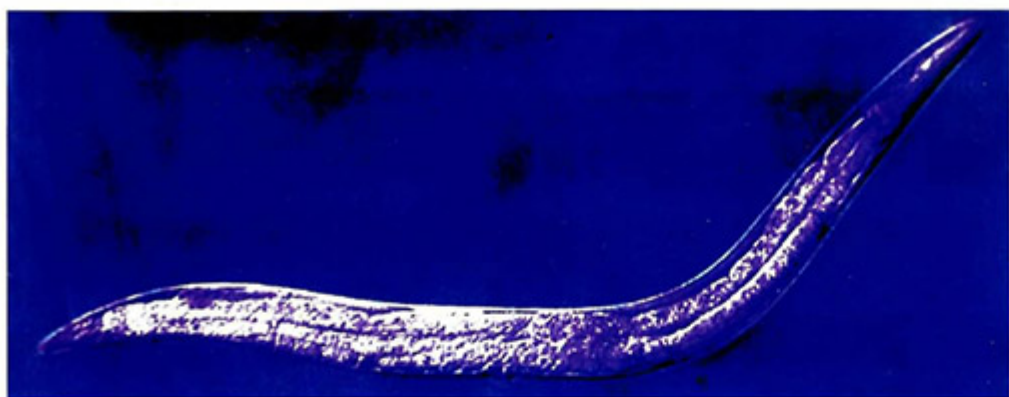
La longevidad de los mutantes *daf-11*, *daf-7* y *daf-14* no difirió significativamente de la de la variedad silvestre, pero la de cada uno de los tres tipos de *daf-2* estudiados aumentó de manera sorprendente: al pasar de 15°C a 20°C durante el estadio L4, la vida media de los individuos silvestres fue de 18 días y la de los especímenes *daf-2* de 42 días. La tasa de envejecimiento también varió: cuando todos los animales silvestres habían muerto o se encontraban inmóviles, 90% de los *daf-2* continuaban moviéndose activamente.

Al parecer, ninguna de las mutaciones *daf-7*, *daf-11* y *daf-14* tiene por sí sola la capacidad de reducir la actividad del *daf-2* de forma tal que aumente la duración de la vida media en animales adultos. Los genes en cuestión actúan corriente arriba con relación al gen *daf-2*, en rutas paralelas parcialmente redundantes, manteniendo altos niveles de actividad de dicho gen en ausencia de condiciones que induzcan la formación de larvas dauer. Otra explicación podría ser que estos genes regulan los niveles de *daf-2* solamente durante el estadio L1.

En el caso de la mutación *daf-2*, parece producirse una activación in-

Un sorprendente ejemplo de longevidad —la más grande que se conoce en organismo alguno— ha sido reportado por la doctora Cynthia Kenyon y sus colaboradores del Departamento de Bioquímica y Biofísica de la Universidad de California en San Francisco (*Nature*, diciembre de 1993).

Se trata de un mutante del nematodo *Caenorhabditis elegans*, cuya vida adulta fértil tiene una duración dos veces mayor que la de la variedad silvestre. El descubrimiento plantea la posibilidad de que exista en estos gusanos un mecanismo, genéticamente regulado, de ampliación del período de vida. La identificación de



apropiada de la función del gen *daf-16*, el cual opera corriente abajo y promueve la formación de larvas dauer. Es factible suponer que la actividad del *daf-16* pone en marcha un mecanismo de prolongación de la vida, normalmente asociado a la forma dauer, en cuyo caso la longevidad de la larva no sería simplemente consecuencia de la detención de su desarrollo, como comúnmente se supone.

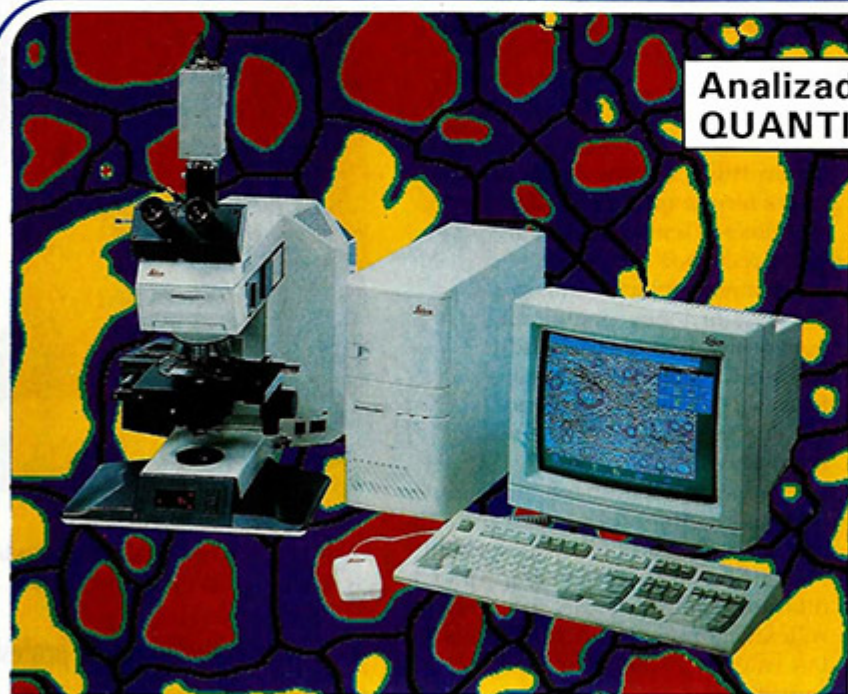
De otra parte, pueden existir dos mecanismos diferentes: uno mediante el cual el gen *daf-16* prolonga la vida de individuos *daf-2* adultos y otro que permita a las larvas dauer vivir por más tiempo.

La vida media del *C. elegans* puede ser prolongada, hasta cierto punto, limitando su alimento. Por tanto, podría pensarse que la mutación *daf-2* activa la misma señal

interna que dicha condición produce y valdría la pena investigar si el aumento de la longevidad del *C. elegans* requiere la participación del gen *daf-16*...

Independientemente del curso investigativo que se adopte, la comprensión del mecanismo presente en el nematodo podría constituirse en un nuevo avance en la lucha contra el inexorable proceso de envejecimiento, demostrando una vez más que aun las utopías y los grandes mitos encuentran claves en las manifestaciones aparentemente humildes de nuestro universo.

.....
Martha Patricia García
 Microbióloga
 Universidad de los Andes



**Analizadores de Imagen
 QUANTIMENT 500 y 500 +**

**La nueva forma
 de analizar
 imágenes**



AROTEC COLOMBIANA S.A.

CRA. 15 No. 38 17 TELS : 288 77 99 288 16 05 · TELEFAX: 285 36 04 · APARTADO: 050862
 SANTAFE DE BOGOTA, D.C. COLOMBIA

INSTRUMENTOS PARA CIENCIA Y TECNICA

AROTEC

Beneficios económicos a los investigadores

El tema de la propiedad intelectual ha despertado en los últimos años el interés de los medios académicos y gubernamentales. Infortunadamente, se discute sólo en círculos cerrados conformados por funcionarios públicos y, en el mejor de los casos, por investigadores y especialistas, sin haber logrado permear los diversos estamentos de la sociedad.

Por tratarse de un asunto de vital importancia para el desarrollo científico, tecnológico e industrial de cualquier nación en los albores del siglo XXI, debería promoverse un foro amplio, de carácter permanente, basado en el análisis serio y objetivo de los sistemas de protección a la propiedad intelectual, y sus implicaciones.

Las recientes modificaciones del marco legislativo de la propiedad

intelectual, unidas a la creciente importancia que ha venido reconociéndose al tema de la biodiversidad y los recursos genéticos —asuntos íntimamente relacionados que requieren regulaciones complementarias, pero que no pueden confundirse—, se traducen en actitudes agresivas, contrarias a todo principio científico, y en las cuales la ideología sustituye al conocimiento.

Aparecen entonces posiciones extremas que nada aportan a la discusión y sólo contribuyen a alimentar la confusión conceptual y a dilatar el proceso de adecuación reflexiva y consciente de Colombia a las nuevas realidades económicas mundiales.

El presente texto pretende, en aras de contribuir al debate planteado alrededor de los derechos de propiedad intelectual, divulgar los

Un paso más hacia la institucionalización de la profesión de investigador



avances que en materia legislativa se han logrado recientemente.

Institucionalización de la profesión de investigador

Uno de nuestros problemas centrales es cómo estimular la inteligencia para lograr que contribuya

de manera adecuada a resolver los graves problemas que aquejan a la sociedad colombiana. No cabe la menor duda de que el desarrollo, la modernización del país y la eliminación de la pobreza, deben sustentarse en una sólida capacidad tecnológica y que, a su vez, ésta se fundamenta en la creación de conocimiento y en el saber científico.

El principal actor de los procesos científicos y de los desarrollos tecnológicos es el investigador. Además de su formación, su vocación y su actitud frente a la vida, debe ser

también un profesional de la actividad investigativa. En este sentido, se hace necesario institucionalizar dicha profesión, de modo que se generen procesos sistemáticos de creación y aplicación de conocimientos.

La ley 29 de 1990 dio el primer paso, al establecer que es obligación del Estado incorporar la ciencia y la tecnología a los planes y programas de desarrollo económico y social del país, crear condiciones favorables para la generación de conocimiento científico y tecnología nacionales y conceder apoyos que faciliten a los **investigadores profesionales** su trabajo.

Vacío legal: limitante del desarrollo tecnológico

Dentro de la reglamentación que requiere la ley de ciencia y tecnología, es necesario establecer una normatividad que institucionalice en el país la profesión de investigador. En este orden de ideas, existía en el derecho colombiano un vacío con relación a la participación de los

inventores, empleados estatales, en los beneficios económicos derivados de la comercialización de las innovaciones producto de su ingenio, lo cual constituía una de las causas de la baja motivación de los investigadores para proteger sus desarrollos, y de arreglos que se hacían "por debajo de la mesa" entre el inventor y el usuario de la invención.

Consciente de la situación, Félix Moreno, director ejecutivo de la Fundación Tecnos, asumió la tarea de lograr la expedición de una norma que regulara la cesión de beneficios económicos por parte del empleador estatal a sus empleados inventores, así como la obligación de las entidades privadas que reciben financiamiento oficial de crear fondos continuos de investigación y de estimular a sus investigadores.

Tales iniciativas se hicieron realidad en la decisión 313 de 1992 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena, modificada por la decisión 344 de 1993, por la cual se adopta el Régimen Común sobre Propiedad Industrial.

Posteriormente, el grupo de propiedad intelectual de la Universidad Nacional, liderado por Fabio Chaparro, vicerrector de Recursos, se empeñó en sacar adelante la reglamentación correspondiente, la cual se expidió en enero del presente año.

Cesión de beneficios económicos a los investigadores

El artículo 10º, inciso primero, de la decisión 344, determina:

- Las entidades estatales, cualquiera que sea su forma y naturaleza, podrán ceder parte de los beneficios económicos obtenidos por las innovaciones desarrolladas por sus empleados inventores.
- En este caso, el propietario de las invenciones es el Estado, en su calidad de empleador.

- La finalidad fundamental de la cesión es estimular la actividad de investigación.
- Será objeto de cesión parte de los beneficios económicos de las innovaciones desarrolladas bajo relación laboral con empleados estatales.

Estimular la creatividad es fundamento del desarrollo cultural, social, económico y político de cualquier Estado. En efecto, esta norma permite institucionalizar la profesión de investigador a nivel nacional. No debemos olvidar que es a través de los núcleos o grupos de investigación como se alcanza un desarrollo sostenible de las actividades científicas y tecnológicas.

Por su parte, el decreto 117 de 1994, reglamentario de la decisión 344, en su artículo 1º preceptúa:

- Cada entidad pública establecerá el porcentaje de los beneficios económicos que cederá a sus empleados inventores.
- Igualmente, determinará los procedimientos para otorgar tales estímulos.

La norma está inspirada en dos criterios fundamentales para el de-

El principal actor de los procesos científicos y tecnológicos es el investigador.



sarrollo de la ciencia y la tecnología. El primero, el de la libre competencia institucional; el segundo, el de la autonomía de las entidades públicas. Permite adelantar una política institucional frente a la investigación y a sus actores principales, los investigadores.

El investigador por sí solo difícilmente podría realizar de manera adecuada su tarea. Requiere una infraestructura humana que lo acompañe en su función creadora de conocimiento. De ahí la importancia de diseñar una estrategia basada en grupos o núcleos de investigación.

Al instaurarse la libre competencia, el investigador podrá elegir la institución que le brinde mejores condiciones para su trabajo. Para ello se ha dado a la negociación, inexistente en el pasado.

Financiación estatal para investigación

El artículo 10º, inciso segundo, de la decisión 344, dispone:

- a) Todas las entidades, públicas o privadas, que reciban financiamiento estatal para realizar investigación y que comercialicen las invenciones resultado de la misma, están en la obligación de reinvertir parte de las regalías que obtengan en la creación de fondos continuos de investigación.
- b) Igualmente, deben dar participación de los rendimientos obtenidos a los investigadores, con el fin de estimularlos.

La generación de fondos continuos de investigación con recursos provenientes de la comercialización de las invenciones, permitirá institucionalizar la investigación al interior de las entidades. Para el caso del sector privado, este mecanismo podrá cumplir la función de financiar capital de riesgo o capital semilla.

Ahora bien, es claro que el inciso mencionado consagra la obligación

para las entidades privadas de estimular a sus investigadores tal como ocurre para el caso de las entidades estatales.

El artículo 2º del decreto 117 de 1994, reglamentario del inciso segundo de la decisión 344, ordena que las entidades estatales establezcan en el documento en el cual se consignan las condiciones de financiación, la parte de las regalías obtenidas por la comercialización de las invenciones que deberán reinvertir para generar fondos continuos de investigación y estimular a los investigadores.

**Sabemos que el
desarrollo de la ciencia
y la tecnología en
Colombia ha estado
sembrado de obstáculos.
Así mismo, que ésta
es una tarea de largo plazo
que nunca termina.**

Para terminar, en materia de investigación en el sector agrícola, el grupo que trabajó en la elaboración del proyecto de ley de Protección a las Obtenciones Vegetales, que sirviera como fundamento para la decisión 345 de 1993, retomó el artículo 10º de la decisión 313 de 1992. Finalmente, la Comisión del Acuerdo de Cartagena aprobó solamente el primer inciso, es decir, el

relativo a la cesión de beneficios económicos por parte de empleadores estatales. La reglamentación de la citada decisión se encuentra actualmente en trámite.

Acciones para el futuro

Muy bien sabemos que el número de patentes otorgadas en el país por desarrollos tecnológicos nacionales es muy bajo; no llegan a 30 por año. La mayoría de ellas corresponde a invenciones originales en sectores distintos a las universidades e institutos de investigación.

También sabemos que el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia ha estado sembrado de obstáculos. Así mismo, que ésta es una tarea de largo plazo que nunca termina.

Se han venido creando a nivel nacional mecanismos e instrumentos de diversa índole que persiguen propiciar el avance científico y tecnológico. Es este el caso de las normas que hemos comentado. No obstante, en materia de derechos de autor subsiste el vacío legal, toda vez que los tópicos analizados no son objeto de regulación en las normas vigentes, tal como lo ha señalado la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia al resaltar la necesidad de definir las reglas aplicables tanto en el caso de las ciencias experimentales como en el campo de las ciencias sociales.

Muchas veces resulta necesario crear las condiciones para que florezcan las acciones. Las instituciones involucradas tienen la palabra.

.....

Pedro José Amaya P.
Economista, grupo de
propiedad intelectual U.N.
Marta Emilia Rueda R.
Abogada, consultora en
propiedad intelectual

Electroforesis

Sales, aditivos, detergentes, tampones, soluciones de tinción e identificación, reactivos para hibridación de ácidos nucleicos, estándares de referencia y mucho más.



Todo reunido bajo un mismo nombre:

MERCK



La búsqueda de las pa

Bernardo Gómez Moreno
Departamento de Física, Universidad de los Andes
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia A.A. 4976



Partículas elementales

¿De qué está hecho el mundo? ¿Cuáles son los

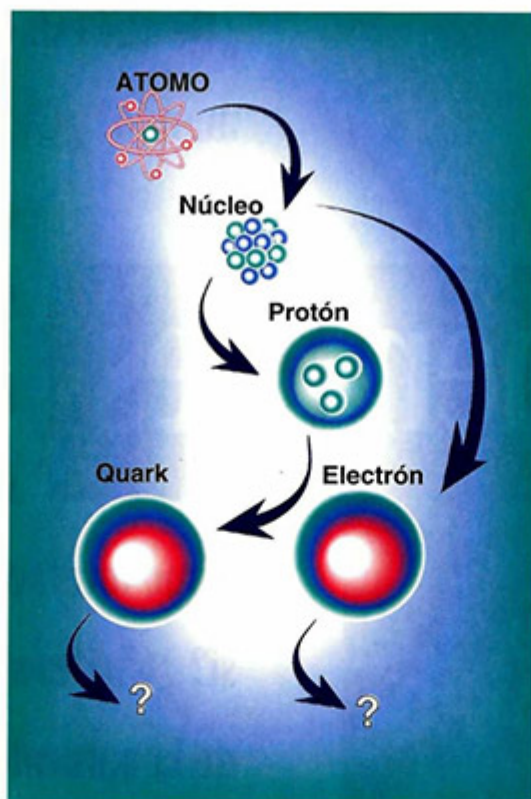
constituyentes fundamentales de la materia y

cómo interactúan entre sí? ¿Cuáles son las leyes de la naturaleza que rigen el universo, que se nos presenta con enorme y rica multiplicidad de formas y procesos?

La piedra angular de nuestra cultura fue puesta en la antigua Grecia, hace algo más de 2500 años, en el siglo sexto antes de Cristo. Ciencia y filosofía nacieron juntas respondiendo a las inquietudes intelectuales de los brillantísimos filósofos griegos, convencidos de que un mayor entendimiento del universo contribuye a un mejor entendimiento del sentido de la vida de los humanos y de su papel en el mundo.

Buscando un orden fundamental y simplicidad en la naturaleza, los antiguos griegos trataron de describir toda la materia del universo como compuesta de cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Demócrito, dando un paso adicional, veía toda la materia

Figura 1.
A medida que avanza nuestro entendimiento sobre la estructura de la materia, vamos descubriendo fuerzas y partículas cada vez más elementales.



formada de partículas indivisibles y en movimiento perpetuo, a las que llamó átomos.

Hoy los físicos de partículas, o físicos de altas energías, hacemos la más fundamental de las ciencias, como herederos de la antigua cultura griega. Heredamos no sólo el concepto de átomo, de la existencia de la estructura elemental de la materia, sino también, e igualmente importante, la convicción de que el universo es comprensible para el ser humano en términos de un reducido conjunto de leyes fundamentales, leyes no complejas sino simples y elegantes, con simetrías de fondo y por eso bellas.

La noción de una simplicidad fundamental que sea base de la diversidad observada en el universo, ha llevado lejos a la física. Con el transcurrir del tiempo, al avanzar nuestro entendimiento sobre la estructura de la materia, la lista de fuerzas y partículas consideradas elementales ha ido cambiando. Se ha logrado penetrar más y más profundamente en

el interior de la materia, encontrándose microcosmos entre microcosmos: átomos entre moléculas, núcleos y electrones entre átomos, protones y neutrones entre núcleos, quarks entre protones, etc. (figura 1).

En las últimas décadas la física de partículas ha experimentado un vertiginoso y muy notorio desarrollo. Una impresionante serie de resultados experimentales provenientes de los grandes laboratorios internacionales con los mayores aceleradores de partículas, y una rápida convergencia de ideas teóricas, han traído coherencia a este campo, lo cual ha permitido concretar el "modelo estándar de la física de partículas". El establecimiento de este modelo es uno de los grandes logros del intelecto humano, tal vez tan importante como el establecimiento de la mecánica cuántica. Confrontar todas las predicciones de este modelo con la realidad observable y buscar nuevos fenómenos, que van más allá del modelo, para ampliar así nuestro conocimiento sobre la naturaleza, es la tarea actual de los físicos de partículas.

El átomo, el núcleo atómico y las partículas elementales que lo componen, son muy pequeños para ser observados y estudiados directamente. En el transcurso de este siglo los físicos han desarrollado instrumentos siempre más sofisticados para penetrar cada vez más profundamente al interior de la materia y para detectar y registrar las partículas estudiadas. Se desarrollaron así los importantes campos de tecnología de aceleradores y de detectores de partículas.

Entre los primeros ejemplos están los rayos X, que permitieron penetrar y estudiar la estructura electrónica del átomo; luego las fuentes radiactivas para el estudio del núcleo atómico y los experimentos de altura para aprovechar los rayos cósmicos, en globos o en las cumbres de los Pirineos o de los Andes, como en Chacaltaya, Bolivia. Estos experimentos exigieron el desarrollo de nuevas técnicas de detección de partículas, como las emulsiones nucleares del brasileño César Lattes, que hicieron

**“Nada existe,
excepto átomos
y espacio vacío; todo
lo demás es opinión”.**
**Demócrito
de Abdera.**

posible el descubrimiento del pión en Chacaltaya hace 45 años.

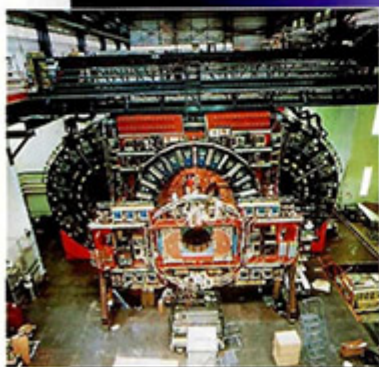
Algunos de los constituyentes de la materia ordinaria, como los protones y los electrones, son estables y fácilmente controlables en campos eléctricos y magnéticos. Pueden ser acelerados a energías muy altas, para ser así utilizados como proyectiles para estudiar las escalas de tamaños pequeñísimos de los constituyentes fundamentales de la materia. La invención del ciclotrón en 1932 por Ernest Lawrence en Berkeley, California, marcó el comienzo de una de las más exitosas épocas de la ciencia: Lawrence no sólo construyó una máquina, sino que creó la cultura de los aceleradores de partículas con su excelente equipo de jóvenes estudiantes, quienes contagiados por el entusiasmo de Lawrence llevaron desde Berkeley la ciencia con aceleradores a las más importantes universidades y laboratorios en

Norteamérica, Europa y Asia. Pero también a Latinoamérica llegó la cultura de los aceleradores de partículas, a Argentina con el Tandem (el Tandem argentino), a Brasil con la fuente de luz sincrotrón, un gran laboratorio en nuestro continente que ofrece las facilidades para hacer importantes estudios en física de materia condensada, estudios de propiedades de nuevos materiales para la industria, etc. Y también en varios de nuestros países latinoamericanos, con México a la cabeza, los aceleradores de partículas se aplican en la medicina en el tratamiento del cáncer con rayos de partículas (en México además se han desarrollado aceleradores propios con estos propósitos).

Con los años los aceleradores, tanto los lineales como los circulares, se hicieron más poderosos, de mayores energías y también de mayor tamaño: primero ciclotrones, luego sincrociclotrones, betatrones, sincrotrones, anillos de almacenamiento y hasta anillos colisionadores superconductores como el Tevatrón



1



2

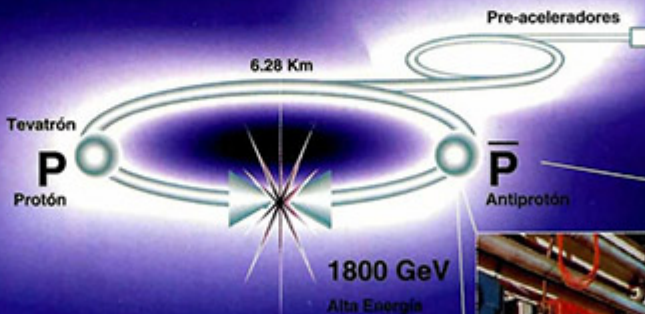


Figura 2.
El Tevatrón:
el acelerador
colisionador de más
altas energías del
mundo, situado en el
Laboratorio Fermilab,
en Batavia, Illinois,
Estados Unidos.
1. Vista aérea del
Laboratorio Fermilab.
2. Detector de
partículas en el
colisionador Tevatrón.
3. Vista de los
electroimanes
superconductores.
(Cortesía Laboratorio
Fermilab)

3



del laboratorio Fermilab, el acelerador de 6 kilómetros de circunferencia y de más altas energías del mundo, 1.8 TeV (figura 2).

La frontera del conocimiento en la física de partículas está dada por las más altas energías que alcanzan los aceleradores de partículas, de ahí la importancia de mantener viva la cultura de los aceleradores con el desarrollo de más poderosos equipos. Los experimentos con rayos de partículas se realizan haciendo incidir el rayo sobre un blanco fijo, o en colisiones frontales de dos rayos de partículas, uno contra otro.

En el caso del blanco fijo se reproduce el proceso de visión, donde la luz incide sobre el objeto que la dispersa, para ser detectada por los ojos del observador, quien puede ver así el objeto. El menor tamaño del objeto que podemos estudiar así es del orden de la longitud de onda de la luz incidente, alrededor de 10^{-7} m. Para escalas de tamaños menores reemplaza-

mos la luz por rayos de partículas, donde la longitud de onda correspondiente es bastante menor y disminuye con la energía del rayo. Con mayores energías podemos observar objetos más pequeños. De ahí la necesidad de las más altas energías posibles. Por esta razón la física de partículas se denomina también física de altas energías. Con los aceleradores actuales se llega así a 10^{-16} m.

En el caso de los experimentos de colisionador, donde dos rayos inciden frontalmente en direcciones opuestas uno sobre el otro, electrón sobre positrón, protón sobre anti-protón, materia y antimateria se aniquilan. La energía tan alta, localizada en el punto de colisión con alta densidad, se materializa según la fórmula $E = mc^2$: se producen pares partícula-antipartícula y, dependiendo de la energía de los rayos incidentes, entre más alta sea, se observarán productos de colisión más masivos y en mayor número. Pero estas

¿Qué sabemos hoy sobre las partículas y las interacciones fundamentales?

Interacciones

En el estudio de la materia los diversos procesos observados pueden explicarse como causados por cuatro tipos diferentes de fuerzas o interacciones fundamentales:

- La fuerza fuerte, la más poderosa de todas, actúa entre protones y

neutrones en el núcleo, ligándolos fuertemente. Esta fuerza, que es de alcance corto de 10^{-15} m, inexistente a mayores distancias, determina el tamaño del núcleo atómico.

- La fuerza electromagnética, actúa entre las cargas eléctricas y es de alcance infinito y de atracción o repulsión, según las cargas que interactúen

(positivas, negativas). En el átomo liga a la nube de electrones de carga eléctrica negativa alrededor del núcleo positivo. Esta fuerza es unas 100 veces más débil que la fuerza fuerte.

- La fuerza débil, que es responsable de la radiactividad beta de los núcleos atómicos y del decaimiento de muchas partículas subnucleares en

LAS INTERACCIONES FUNDAMENTALES

INTERACCION	MEDIADOR	FUENTE	PARTICULAS QUE INTERACTUAN
ELECTROMAGNETICA	FOTON	CARGA ELECTRICA	QUARKS Y LEPTONES (excepto neutrinos)
FUERTE	GLUON	CARGA DE COLOR	QUARKS
DEBIL	BOSONES W^+ , W^- , Z^0	CARGA DEBIL	QUARKS Y LEPTONES
GRAVITACIONAL	GRAVITON	MASA O ENERGIA	TODAS LAS PARTICULAS

La frontera del conocimiento en la física de partículas está dada por las más altas energías que alcanzan los aceleradores de partículas.

partículas, que surgen de la colisión inicial, son por lo general inestables, de muy corta vida: decaen rápidamente en otras partículas, típicamente en 10^{-23} segundos para procesos de interacción fuerte, de 10^{-16} segundos para procesos electromagnéticos y entre 10^{-13} segundos y hasta 15 minutos para procesos de decaimiento débil. Estos procesos y los productos de decaimiento finales pueden observarse con los detectores de partículas ubicados alrededor del punto central de colisión de los rayos incidentes.

Que las partículas que surgen de la colisión inicial sean de corta vida, indica que

no se observan en la naturaleza en la vida diaria, a menos que se den condiciones de alta densidad de energía, suficiente para dar lugar a la efímera existencia de las partículas. Pero, aunque de tan corta vida, el conocimiento de su existencia, de sus propiedades, de sus interacciones nos permite ampliar nuestro conocimiento sobre las leyes fundamentales de la naturaleza, sobre la estructura de la materia, sobre las partículas e interacciones que si encontramos a nuestro alrededor y como componentes elementales de nosotros mismos. Curiosamente, estas partículas efímeras del laboratorio también nos permiten llegar, como en un maravilloso viaje en el tiempo, a los instantes iniciales del universo, que surgió de una gran explosión hace unos quince mil millones de años. En ese entonces había en el universo la suficiente densidad de energía para dar lugar a los procesos que hoy sólo podemos observar directamente en los

procesos muy lentos, que evidencian lo débil que es esta fuerza: 10^{-6} veces más débil que la fuerza fuerte. La fuerza débil es también de alcance corto, menor que 10^{-18} m.

- La fuerza gravitacional, que actúa entre todas las partículas, es de atracción y de alcance infinito, pero es la fuerza más débil de la naturaleza, 10^{-38} veces más débil que la fuerza fuerte y por eso despreciable en la interacción entre partículas individuales, pero determinante a escalas macroscópicas, dominante a escalas cósmicas por el gran conglomerado de masa en el universo.

Partículas mediadoras

Estas interacciones fundamentales entre partículas se describen en términos del intercambio de otras partículas llamadas portadoras o mediadoras de la interacción. Así la interacción electromagnética está mediada por el fotón γ , la débil por los bosones W^+ , W^- y Z^0 , la

interacción fuerte por los gluones. El conocimiento sobre estas partículas mediadoras tiene una sólida base en los resultados experimentales. No así en el caso de la interacción gravitacional, cuya partícula portadora sería el gravitón, pero por lo débil de la gravitación su observación resulta en extremo difícil y se carece así de evidencia experimental.

Finalmente, debe anotarse que la interacción gravitacional, de la cual no se ha logrado formular una teoría cuántica como sí se logró para las otras tres interacciones, no forma parte del modelo estándar de la física de partículas. El modelo estándar incorpora las interacciones electromagnética y débil, unidas en electrodébil, y la interacción fuerte además.

Fermiones

Las partículas elementales en el modelo estándar pueden clasificarse en tres familias: leptones, quarks y partículas mediadoras, estas últimas las mencionadas

anteriormente con las interacciones. Leptones y quarks son fermiones (spin $1/2$), las partículas mediadoras son bosones (spin 1).

Leptones

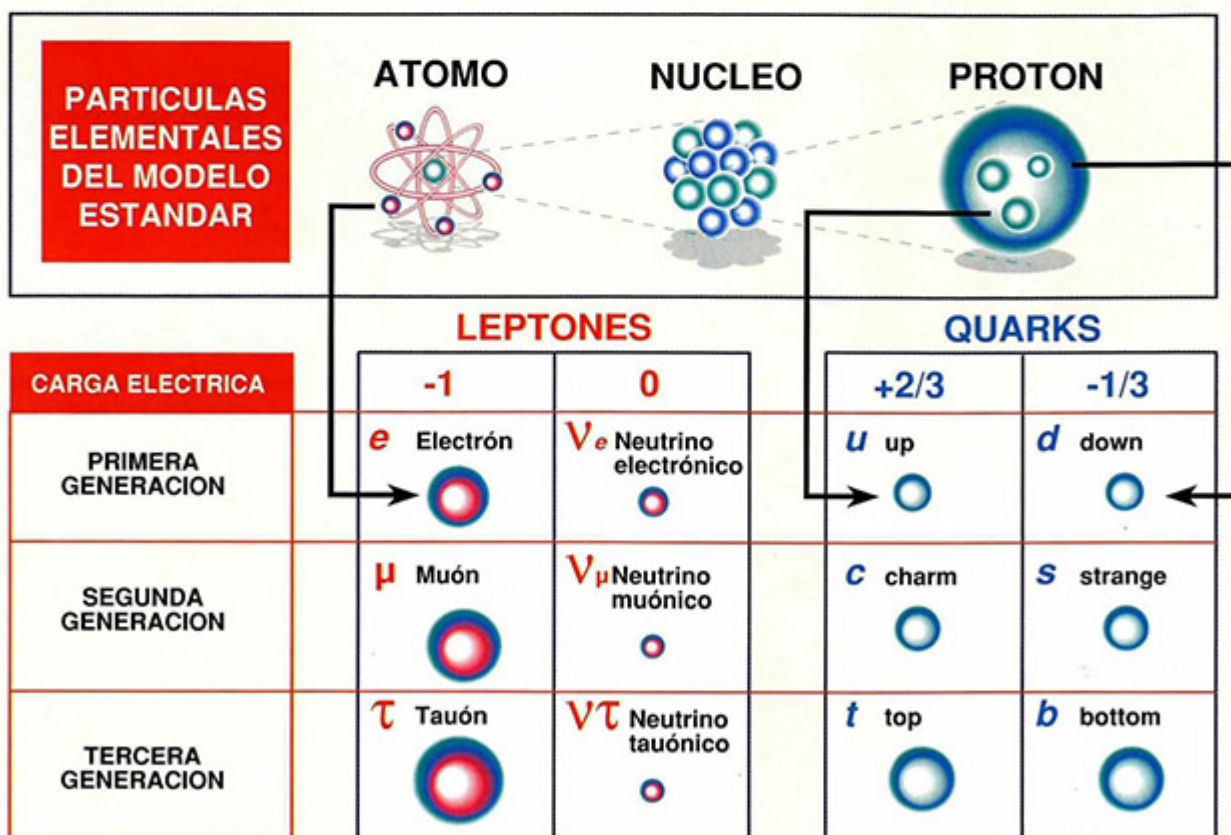
La familia de leptones está definida por dos propiedades: los leptones participan de las interacciones gravitacional, electromagnética y débil, pero no interactúan fuertemente. Los leptones son creados o destruidos únicamente en pares partícula-antipartícula, pero nunca solos. Así, en todos los procesos observados en la naturaleza el número total de leptones, esto es, el número de leptones menos el número de antileptones, se conserva. Hoy sabemos que hay seis leptones, que aparecen en pares de un leptón masivo cargado (el electrón, el muón y el tauón) y un leptón neutro de masa insignificante llamado neutrino (neutrino electrónico, muónico, tauónico). Cada par (e, ν_e), (μ, ν_μ), (τ, ν_τ) es llamado generación. Hay así tres generaciones de leptones.

laboratorios con aceleradores de partículas. La búsqueda de las partículas elementales y los estudios cosmológicos sobre el origen y evolución del universo están así relacionados en los experimentos con los grandes aceleradores, lo que se conoce como la "conexión cósmica de la física de partículas".

En la búsqueda de las partículas elementales, en los experimentos con los grandes aceleradores, las partículas que resultan son registradas por los detectores de partículas, instrumentos muy sofisticados que además de suministrar información acerca de la presencia de las partículas y de sus trayectorias, pueden medir una o varias de sus propiedades, e incluso pueden identificar el tipo de partícula. Un "detector" es hoy en realidad un gran sistema como un edificio de cuatro pisos de alto y de unas cinco mil toneladas, con cientos de miles de unidades de detección de partículas, cada una con una tarea de medición diferente, cada una especializada en

ciertas propiedades de ciertos tipos de partículas y respondiendo en una determinada región del espacio alrededor del punto de colisión de los rayos del acelerador. Sólo se pueden registrar directamente las partículas con carga eléctrica por su interacción con la materia. Partículas neutras como neutrones, fotones y neutrinos sólo pueden detectarse de manera indirecta si al atravesar el medio del detector producen partículas cargadas que sí pueden registrarse. Comúnmente un gran detector genera cien mil señales por evento y a una tasa de 10.000 eventos por segundo. Este enorme flujo de información es llevado a un sistema de computadores, programados para interpretar las señales y reconstruir los eventos, los procesos ocurridos. Finalmente, la información se almacena en cintas magnéticas para un minucioso análisis cuantitativo posterior.

Las exigencias y retos en un experimento tras las huellas de las partículas elementales



son de tal magnitud, que un solo experimento únicamente es realizable como colaboración internacional de decenas de instituciones, universidades y laboratorios de todo el mundo, con la participación activa de varios cientos de físicos en trabajo coordinado y continuo por más de diez años, que es la duración típica del experimento. Así, los físicos trabajan en su institución en su país de origen y también en el laboratorio internacional, donde están las instalaciones del acelerador de partículas y donde se reúnen los esfuerzos de todos los miembros de la colaboración para montar el gran detector, con su electrónica y computadores, para ca-

Las partículas efímeras del laboratorio también nos permiten llegar, como en un maravilloso viaje en el tiempo, a los instantes iniciales del universo.

librar el equipo y para tomar los datos con los rayos del acelerador las 24 horas del día, en forma continua durante varios años. Simultáneamente, los datos van siendo analizados, tanto en el laboratorio central como en las instituciones dispersas por el mundo, pero en comunicación directa con el experimento a través de las redes de comunicación entre computadores a nivel mundial, como Internet, que permite sesiones remotas de cómputo interactivo desde los más alejados lugares del planeta.

Ejemplo de esta actividad internacional es el trabajo del grupo de física experimental de altas ener-

Quarks

También hay tres generaciones de quarks, cada una compuesta por un par de quarks: (u, d), (c, s) y (t, b). Así, en el modelo estándar hay tres generaciones que se repiten con el mismo esquema de un par de leptones, un par de quarks.

La familia de los quarks también se define por dos propiedades: los quarks son sensibles a todas las cuatro interacciones fundamentales. Una notoria diferencia con los leptones es que los quarks sí participan de la interacción fuerte, lo que da su comportamiento tan diferente. Así por ejemplo, no existen los quarks libres, sólo se observan ligados en pares quark-antiquark (mesones) o en sistemas de tres quarks (bariones). La segunda propiedad, como en el caso de los leptones, es que los quarks son creados o destruidos únicamente en pares partícula-antipartícula, pero nunca solos. Así también el número de quarks se conserva en todos los procesos físicos. Una ca-

racterística muy llamativa de los quarks es que tienen carga eléctrica de $2/3$ o de $1/3$ de la unidad de carga e de los leptones. Todas las demás partículas, así sean elementales o no, sólo presentan carga eléctrica de cero o de un entero de la unidad de carga e .

De los seis quarks, cinco (u, d, c, s, b) han sido observados y estudiados experimentalmente. Queda el último de los quarks, el quark t, por descubrir. La búsqueda de este último quark constituye un reto de máxima prioridad para los físicos de partículas y es el trabajo que se lleva a cabo en el laboratorio Fermilab en el Tevatrón, el acelerador con la mayor energía del mundo.

Materia y antimateria

Para cada partícula existe su antipartícula correspondiente, de igual masa y spin, pero de signo opuesto. Algunos bosones neutros, como γ y Z^0 son su propia antipartícula.

$SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ es el nombre técnico del modelo estándar y denota las partes de la teoría en un lenguaje matemático llamado teoría de grupos.

Cada detalle en esta tabla está basado en una extensa estructura matemática que permite a los físicos no sólo nombrar y describir las partículas, sino también predecir cuáles partículas pueden existir y cuáles no, calcular tasas de una enorme variedad de procesos, y hacer predicciones cuantitativas sobre el resultado de experimentos.

Nombres y descripciones son sólo una parte pequeña de cualquier teoría física.

gías de la Universidad de los Andes en Santafé de Bogotá. Este grupo, bajo la dirección del profesor Juan Pablo Negret, viene trabajando activamente en el laboratorio Fermilab en Batavia, Illinois, Estados Unidos, desde 1988, cuando se inició una muy productiva participación en el experimento E-710 en el Tevatrón, participación que cuenta con el apoyo de Colciencias y ha originado una serie de publicaciones en revistas internacionales. Igualmente, desde mayo de 1991 el grupo es miembro oficial del experimento D0, el mayor experimento del Tevatrón que se realiza en Fermilab y en 36 instituciones más en diversos países del mundo, entre ellas la Universidad de los Andes. Más de 300 físicos de todo el mundo trabajan en este experimento en los tópicos de más avanzada de la física de partículas, entre ellos la búsqueda del quark "top".

Este experimento D0 es hoy en altas energías el que cuenta con la mayor participación latinoamericana. Físicos de Brasil (CBPF, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), Colombia (Universidad de los Andes), México (Cinvestav) trabajan conjuntamente en una colaboración cada vez más estrecha y productiva, alrededor de temas de física del quark "b", como principales investigadores en este grupo del experimento D0. Además, hay una valiosa colaboración con la Universidad San Francisco de Quito, institución que

como parte del grupo de la Universidad de los Andes realiza un trabajo de investigación muy apreciado y reconocido en el experimento D0. También estudiantes de la Universidad de Buenos Aires trabajan activamente en el experimento. Los físicos colombianos permanecen en Fermilab por periodos cortos y largos, y vuelven a Colombia trayendo los procesos subatómicos registrados en cintas magnéticas, para analizarlos en los computadores de la Universidad de los Andes, trabajo en el cual participa activamente Colciencias.

La búsqueda de las partículas elementales se realiza actualmente en varios otros laboratorios internacionales, además de Fermilab. También se destacan en el mundo los laboratorios CERN (Ginebra, Suiza), DESY (Hamburgo, Alemania), KEK (Tsukuba, Japón), Serpukov (Rusia) y Beijing (China). Con CERN, el laboratorio europeo de altas energías, Colombia ha iniciado recientemente un convenio de cooperación científica en física experimental de altas energías, que ha sido una muy importante iniciativa de Colciencias y abre magníficas oportunidades para los jóvenes físicos colombianos con el fin de contribuir al desarrollo de la ciencia en nuestro país.

Bibliografía

1. **Richard Feynman, Steven Weinberg:** *Las partículas elementales y las leyes de la física. Colección Límites de la Ciencia, Editorial Gedisa, Barcelona, 1991.*
2. **Abdus Salam, Werner Heisenberg, Paul Dirac:** *La unificación de las fuerzas fundamentales. Clásicos de la Ciencia, Editorial Gedisa, Barcelona, 1991.*
3. **Yuval Ne'eman, Yoram Kirsh:** *Los cazadores de partículas. Colección Límites de la Ciencia, Editorial Gedisa, Barcelona, 1988.*
4. **Frank Close:** *La cebolla cósmica. Editorial Crítica, Grupo Editorial Grijalbo, Barcelona, 1988.*
5. **Paul Davies:** *Superfuerza. Biblioteca Científica Salvat, Vol. 4, Editorial Salvat, Barcelona, 1985.*
6. **Paul Davies:** *El universo accidental. Biblioteca Científica Salvat, Vol. 56, Editorial Salvat, Barcelona, 1987.*
7. **James S. Trefil:** *De los átomos a los quarks. Biblioteca Científica Salvat, Vol. 8, Editorial Salvat, Barcelona, 1985.*
8. **James S. Trefil:** *El momento de la creación. Biblioteca Científica Salvat, Vol. 31, Editorial Salvat, 1986.*



CENTRO INTERNACIONAL DE FISICA

PROGRAMA DE CURSOS Y SEMINARIOS

Abril a Diciembre de 1994

Una contribución a la integración de la ciencia
con las necesidades tecnológicas de América Latina

Seminario: TECNOLOGIAS ORIENTADAS A OBJETOS

Panorama del estado del arte de la ingeniería de software orientado a objetos. En colaboración con la Universidad del Valle. Dr. Eduardo Sánchez, Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza; Dr. Mauricio Trujillo, Director de Software de Kortex International, Francia. **Abril 25 al 27**, Fac. de Ingeniería, Univalle, Cali.

Curso-Taller: HOLOGRAFIA

Aplicaciones a la industria (métodos de medición y análisis, pruebas no destructivas) y a la cultura (reconocimiento, restauración, conservación en registros 3-D). En colaboración con la Universidad Nacional de Colombia. Dr. Vladimir Markov, Academia de Ciencias de Ucrania y CIF; Dr. Stephen A. Benton, The Media Laboratory, MIT, Estados Unidos; Dr. Jim Trolinger, Metrolaser, Estados Unidos. **Julio 11 al 15**, Lab. Holografía, CIF, Bogotá.

Curso: MICROGRAVIMETRIA Y MAGNETOMETRIA

Modelos para Prospección. En colaboración con la Universidad Nacional de Colombia. Directores: Dr. José Luis Tellería, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia; Dr. Victor Graterol, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. **Agosto 16 al 25**, CIF, Bogotá.

Curso: NANOESTRUCTURAS

Comportamiento de electrones en dispositivos cuánticos y posibles aplicaciones en alta tecnología. En colaboración con la Universidad Nacional de Colombia. Directores: Dr. Richard Haase, Universidad Nacional de Colombia y CIF; Dr. Neil Johnson, Oxford University, Inglaterra. **Septiembre 12 al 16**, CIF, Bogotá.

Taller: TECNICAS COMPUTACIONALES EN BIOLOGIA MOLECULAR

En colaboración con CIAT. Coordinación: M.Sc. Rocío Gómez, CIF. **Septiembre 19 al 23** (por confirmar), Lab. Biofísica, CIF, Bogotá.

Seminario: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA

INVESTIGACION EN LA FISICA CONTEMPORANEA

Biofísica, Óptica Avanzada, Nanotecnología, Altas Energías, Nuevos Materiales. Participarán destacados investigadores a nivel mundial en cada una de las áreas. **Octubre 10 al 14**, CIF, Bogotá.

Curso: HIDRODINAMICA

Hidrodinámica básica y aplicada a procesos industriales. En colaboración con la Universidad Nacional de Colombia. Coordinador: Dr. Mauricio Hoyos, Escuela Superior de Física y Química Industriales, París, Francia. **Octubre 24 al 28**, CIF, Bogotá.

Curso: CONTROL DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Ecosello, normalización internacional en el campo ambiental y control de calidad en productos perecederos. En colaboración con el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. Director: Dr. Giacomo Elias, Presidente de la Agencia Europea de Normas Técnicas. **Noviembre 9 al 11** (por confirmar), ICONTEC, Bogotá.

Seminario: PROBLEMAS DE CORROSION EN LA INDUSTRIA PETROLERA

En colaboración con la Corporación para la Investigación de la Corrosión. Coordinador: Dr. Jorge Hernando Panqueva, Universidad Industrial de Santander. **Noviembre 21 al 25**, Corporación para la Investigación de la Corrosión, Bucaramanga.

Curso: ASTROFISICA

Formación, estructura y dinámica de Galaxias. En colaboración con la Universidad de los Andes, Bogotá. Director: Dr. Sergio Torres, CIF. **Noviembre 28 a 1 de Diciembre**, CIF, Bogotá.

Seminario: TOPICOS DE FRONTERA DE LA CIENCIA

Periódicamente el CIF ofrecerá en distintas ciudades del país ciclos de conferencias de investigadores de reconocida competencia mundial sobre campos de actualidad en la ciencia.

Con el auspicio de Colciencias

Para mayor información dirigirse al:

Centro Internacional de Física - CIF

A.A. 49490, Santa Fe de Bogotá. Edificio de Programas Especiales "Manuel Ancizar", Ciudad Universitaria, Santafé de Bogotá. Teléfono: (57)-(1)-2692789 Fax: (57)-(1)-2682366

E-mail: cif@andescol.bitnet



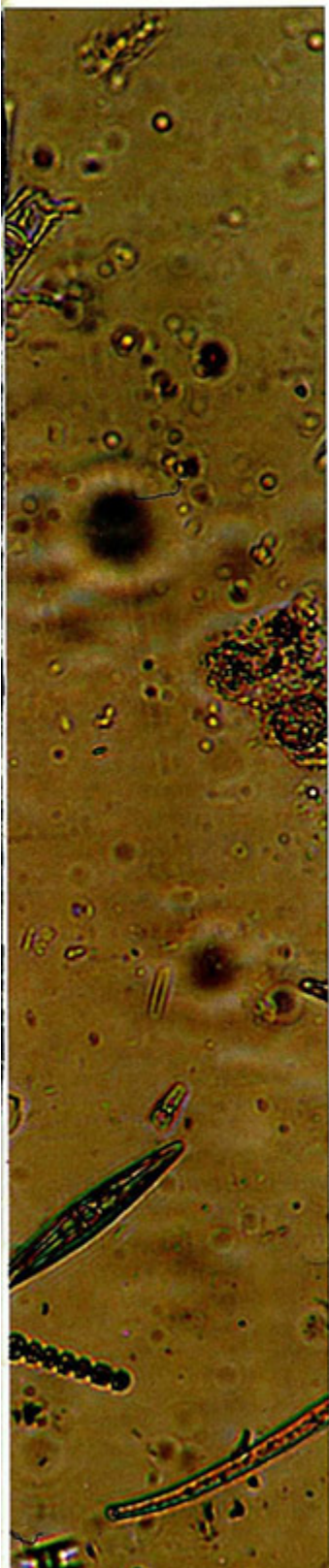
Las microalgas

Un potencial biotecnológico para Colombia

Sandra Baena G.
Programa de Saneamiento
y Biotecnología Ambiental,
Facultad de Ciencias -
Facultad de Ingeniería,
Pontificia Universidad Javeriana

Las microalgas incluyen aproximadamente unas 20.000 especies divididas en dos grandes grupos: procariotas, que incluyen las algas verdeazules (cianobacterias), y las eucariotas, que incluyen las algas verdes (*Chlorophyta*) y diatomeas (*Bacillariophyta*), principalmente. Estas han sido explotadas en menor proporción en comparación con las macroalgas (algas marinas), que se han utilizado como fuente de polisacáridos, de los cuales el agar, el ácido alginico y la carragenina se han comercializado desde hace varias décadas.





En términos generales, las microalgas son microorganismos promisorios de gran interés dentro de la biotecnología, que pueden ofrecer una amplia gama de aplicaciones dentro de un mismo proceso, como por ejemplo tratamiento de aguas residuales, producción de alimento animal, y productos químicos de interés farmacéutico (**figura 1**). Tanto la investigación básica como la algología aplicada se han desarrollado ampliamente durante los últimos cuarenta años, primero en Alemania y más tarde en Estados Unidos, Japón, Israel, Italia, con el objetivo principal de obtener proteína monocelular (single cell protein, SCP) y lípidos; por ejemplo, desde 1960 la producción comercial de *Chlorella* en Japón y Taiwán es un éxito como una nueva y saludable fuente alimentaria.

Algunas características atractivas de las microalgas, en comparación con otros organismos, son:

- a) Su capacidad fotosintética para convertir energía solar en biomasa disponible con una composición bioquímica variada. Se han obtenido rendimientos de entre 25 y más de 200 toneladas/hectárea de biomasa algal seca, y alrededor del 60% del peso seco corresponde a proteínas; bajo condiciones favorables, los cultivos de microalgas pueden producir de 20 a 35 veces más proteína que la soya y 50 veces más que el arroz, trigo o maíz, considerando una misma área de cultivo.
- b) Las microalgas se pueden cultivar y cosechar durante todo el año, aun en regiones áridas, utilizando aguas no aptas para la agricultura.
- c) Los cultivos microalgales utilizan bajos consumos de agua (en comparación con los requerimientos de los cultivos tradicionales); además, el agua usada para estos cultivos puede utilizarse después para irrigación.

Sólo 30 ó 40 especies son utilizadas en cultivos masivos. Los géneros *Chlorella*, *Scenedesmus* (algas verdes), *Spirulina* (algas verdeazules) y un número de especies de fitoflagelados y diatomeas, se utilizan en acuicultura. Otras algas de gran interés comercial son *Dunaliella*, *Porphyridium* y *Botryococcus*. Expresado en cantidades, la producción mundial de microalgas (principalmente *Spirulina* y *Chlorella*) sólo alcanza un valor aproximado de mil toneladas por año.

Cortés Germán Quiñiquez, U. Javeriana

Aplicaciones potenciales de las microalgas

Acuicultura

Esta es una de las aplicaciones más ampliamente desarrolladas, por su importancia en la alimentación de animales acuáticos de interés comercial. Existen instalaciones industriales de microalgas para abastecer el mercado de *Isochrysis*, *Chlorella*, *Nannochloropsis*, *Phaeodactylum* y *Skeletonema*, entre otros. Específicamente, las microalgas son un componente esencial de la dieta de bivalvos marinos, moluscos (p.e. ostras, mejillones, almejas), larvas de algunos gasterópodos marinos, larvas de camarones de agua salada (*Panaeus*), algunas especies de peces (p.e. tilapia, carpa plateada, etc.) y finalmente zooplancton (rotíferos, copépodos, cladoceros), que también se utiliza en la cría de peces de aguas dulces y marinas.

Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento con microalgas resulta altamente promisorio debido a sus capacidades fotosintéticas que convierten la energía solar en biomasa útil e incorporan nutrientes como nitrógeno y fósforo, causantes de la eutroficación. Se ha observado en lagunas de estabilización de efluentes, la presencia de especies de diferentes géneros tales como *Chlorella*, *Chlamidomonas*, *Scenedesmus*, *Chlorogonium*, *Eudorina*, *Pandorina*, *Pyrobotrys*, *Ankistrodesmus*, *Micractinium*, *Selenastrum*, *Occystis*, haciendo patente la relación entre las algas y las bacterias: los productos de la descomposición bacteriana aerobia (nutrientes inorgánicos, nitratos y fosfatos, CO₂) de las aguas de desecho son necesarios para la fotosíntesis de las algas y, por otro lado, el oxígeno producido fotosintéticamente por las algas puede resultar un medio efectivo y de bajo costo para llenar las necesidades de oxígeno de las bacterias heterótrofas aerobias. De esta forma, se logra la remoción de nutrientes por las algas, que los asimilan para su desarrollo, y la disminución de la materia orgánica que es oxidada por las bacterias aerobias; además se favorece la desinfección del agua por la reducción de organismos patógenos que son afectados por los aumentos de pH y temperatura. La producción de oxígeno por medio de las algas para la futura oxidación de desechos por las bacterias está plenamente reconocida; sin embargo, existen otros beneficios, como mejora-

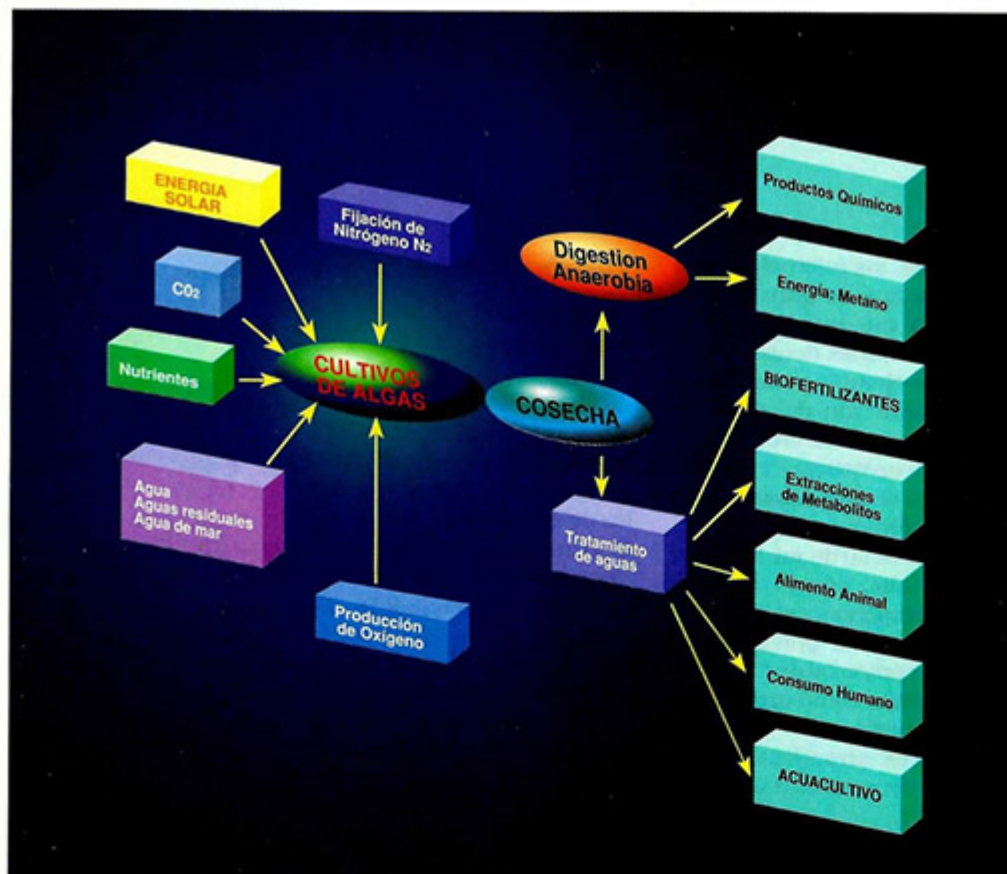


Figura 1.
Espectro de aplicaciones de las microalgas en biotecnología. (Fuente: Vonshak, 1990¹¹)

miento de los procesos de sedimentación, remoción de metales pesados y compuestos tóxicos orgánicos, que requieren ser estudiados.

Alimentación humana

Se han realizado numerosos esfuerzos para promover las microalgas como fuente de proteína para el hombre. Poblaciones nativas cercanas al lago Chad en África y al lago Texcoco en México subsistieron ayudadas por las cualidades nutricionales del alga verdeazul *Spirulina*, cuyo contenido de proteína es superior incluso al de la semilla de soya. Algunas algas eucarióticas como *Scenedesmus*, *Chlorella* y *Coelastrum* tienen características nutricionales similares. Debido a que las microalgas son también ricas en vitaminas y otros factores de crecimiento, diferentes grupos de investigación han establecido unidades de producción en países tropicales y subtropicales como Perú, Tailandia, India y Egipto, aunque también en Israel y Estados Unidos. En la mayor parte de los estudios realizados se ha incluido, además de la calidad nutricional, los posibles efectos tóxicos de las algas, tanto en humanos como en animales, reportándose algunas reacciones de sensibilidad con *Chlorella* en humanos, pero no se ha detectado ningún efecto adverso mayor; sin embargo, el alto contenido de ácidos nucleicos limita el consumo diario admisible a un 5% de los requerimientos humanos.

Alimentación animal

Similar al caso de la alimentación humana, las microalgas han sido utilizadas con resultados favorables en la dieta alimenticia de peces, pollos, ganado vacuno y porcino. Por ejemplo, la harina de microalgas producida a partir de varias cepas o especies de *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Spirulina* constituye una fuente de proteína sin peligro de toxicidad aguda.

Fuente de energía

Ciertas especies de algas sobresalen en producción de hidrógeno (H_2) a través de la biofotólisis. Algas verdeazules fijadoras de nitrógeno con heterocistes (estructuras reproductoras en algas como *Anabaena*) o sin heterocistes (*Spirulina*, *Oscillatoria*) pueden utilizarse para producción de hidrógeno. En términos técnicos y económicos, las aplicaciones prácticas de estos sistemas tienen sus restricciones, pero aun así en Japón se han concedido patentes para producción de hidrógeno con base en ciclos de alternancia de luz-oscuridad con el alga *Chlamydomonas reinhardtii*.

La biomasa algal puede ser convertida, mediante procesos fermentativos, en productos ricos en energía como alcohol, combustibles líquidos como aceites vegetales o hidrocarburos. El alga *Botryococcus braunii* parece ser ideal para producción de hidrocarburos de cadena larga. La producción de metano es otro aspecto que se ha estudiado ampliamente y la biomasa de diferentes microalgas es exitosamente convertida en metano por digestión anaerobia.

Biofertilizantes nitrogenados

Se sabe que una gran variedad de especies de cianobacterias son fijadoras de nitrógeno. El concepto de utilización de algas verdeazules para fijación de nitrógeno en arrozales fue desarrollado inicialmente en la India, cuando se observó que la proliferación de cianobacterias en el suelo mantenía la fertilidad del campo; esta observación fue confirmada más tarde por diferentes estudios científicos.

Poblaciones nativas en Chad y en México subsistieron ayudadas por las cualidades nutricionales del alga verdeazul *Spirulina*, cuyo contenido de proteína es superior incluso al de la semilla de soya.

El mejoramiento del desarrollo de cianobacterias endógenas fijadoras de nitrógeno y su inoculación cobró más importancia cuando se evidenció que la urea o los fertilizantes amoniacales aplicados en los cultivos de arroz, disminuyen su eficiencia en condiciones alcalinas. Actualmente existen compañías que exploran y explotan el potencial de las algas verdeazules como fertilizantes agrícolas y acondicionadores de suelos, llegando a casos en los cuales se calcula que un kilo de algas podría reemplazar 60 kilos de fertilizante nitrogenado convencional.

Fuente de productos naturales con diferentes aplicaciones

Se pueden establecer dos categorías de productos obtenidos de las microalgas: sustancias endocelulares que actúan como osmorreguladores en la célula (glicerol, sorbitol, manitol, etc.) y sustancias como almidones, amilasa, amilopectina, y productos exocelulares, principalmente polisacáridos; obviamente, estos últimos pueden ser recuperados con más facilidad y usualmente sin destrucción de las células. Los principales productos de interés presentan aplicaciones en la industria química, de alimentos, farmacéutica y en la medicina. Entre otros se pueden mencionar los siguientes.

a. Pigmentos: Bajo ciertas condiciones fisiológicas se acumulan en las células, alcanzando cantidades sustanciales. Uno de los productos obtenidos exclusivamente de las

microalgas son las ficobiliproteínas (ficocianina, ficoeritrina), que se utilizan como colorantes fluorescentes en ciertos inmunoensayos, dada su facilidad para formar complejos con otras biomoléculas tales como anticuerpos; también se han usado en procesos de separación celular. Existen alrededor de 400 carotenoides conocidos, pero muy pocos se han utilizado comercialmente. En cuanto a la clorofila, todas las algas contienen uno o más tipos, de los cuales la clorofila **a** es el pigmento fotosintético primario y es el único tipo de clorofila de las algas verdeazules y rojas, aunque la clorofila **d** se ha encontrado en algunas algas rojas y la clorofila **c** puede encontrarse en muchas algas marinas y diatomeas de aguas dulces. La ficocianina **c** es comercializada en Japón para aplicaciones en la industria de cosméticos.

b. Ácidos grasos: Los más importantes son los ácidos grasos poliinsaturados en general y los ácidos grasos esenciales en particular (para nutrición humana ácido linoleico, ácido linolénico, ácido ciclopentanoico).

Es corta la lista de productos que han sido relativamente bien estudiados, y entre las especies productoras de estos compuestos están: *Spirulina sp.*, *Dunaliella sp.*, *Chlorella sp.*, *Porphyridium cruentum* y *Chlamydomona sp.*

c. Hidrocarburos, ceras y esteroides: Los hidrocarburos representan otro producto potencial que puede extraerse de las microalgas. En *Dunaliella salina* más del 30% de los lípidos totales son hidrocarburos cíclicos, y *Botryococcus braunii* presenta un contenido aproximado del 20% de éstos durante la fase de crecimiento exponencial; de otra parte, se ha encontrado que el contenido de lípidos no saponificables se incrementa en las algas por encima del 80% de su peso seco bajo condiciones desfavorables de crecimiento.

Las ceras y esteroides están presentes en muchas microalgas, tanto que la mayoría de las especies de algas verdes contienen mezclas complejas de esteroides. Entre éstas se encuentra *Ochromonas danica*, la cual contiene esteroides por encima del 1% de su peso seco. Se ha detectado que algunos de estos productos pueden utilizarse en la medicina, como es el caso del condriasterol de *Scenedesmus obliquus* o de *Navicula pelliculosa*, el cual puede ser usado en la síntesis de hormonas como cortisona.

d. Polisacáridos: La mayoría de las especies de microalgas producen polisacáridos, algunos de los cuales pueden tener aplicaciones industriales. Hoy en día, las especies más



Figura 2. Diatomea, microalga que se encuentra ampliamente distribuida y que se utiliza con frecuencia como sustrato en la fabricación del vidrio (tierra de diatomeas). (Cortesía de Germán Quiñiquez, Universidad Javeriana)

promisorias son las algas rojas unicelulares como *Porphyridium cruentum* y *P. aerugineum*, las cuales producen polisacáridos extracelulares de alta viscosidad, comparables con la goma xanthan disponible comercialmente y de amplio uso industrial.

e. Biofloculantes: Las cianobacterias bénticas (del fondo) producen floculantes extracelulares capaces de flocular partículas de arcillas suspendidas, permitiendo así que la luz alcance la interfase béntica en aguas turbias. Ya se ha descrito la producción, purificación y propiedades de floculantes de cianobacterias bénticas de *Porphyridium* y *Anabaenopsis circularis*, lo que sugiere la posibilidad de producir varios tipos de floculantes, con un amplio rango de aplicaciones industriales, tratamiento de aguas residuales, clarificación de aguas en reservorios y sedimentación de coloides en las industrias químicas y de alimentos.

Existen otros productos naturales que pueden ser extraídos de las algas, como aminoácidos, enzimas, antibióticos y vitaminas, entre otros.

En Colombia, las experiencias en cultivo de microalgas se han orientado en su mayor parte hacia la producción de alimento animal en sistemas de acuicultura, utilización de algas verdeazules como biofertilizantes, estudios eco-

lógicos y taxonómicos; también existen antecedentes de estudios de cultivo de microalgas para tratamiento de desechos. Sin embargo, la alta capacidad de productividad primaria de las microalgas representa un fuerte incentivo para desarrollar procesos biotecnológicos para su utilización.

La principal razón por la cual los cultivos de algas se han aplicado en una escala industrial limitada es el alto costo de producción, comparado con los costos de alternativas convencionales (a excepción de aplicaciones como tratamiento de aguas residuales o producción de proteína algal para consumo animal). Este alto costo de producción es el resultado de una productividad relativamente baja obtenida en los sistemas de producción comercialmente utilizados (cultivos en reactores), lo cual reduce el mercado de los productos extraídos de las microalgas a productos exclusivos con demandas limitadas. El mejoramiento y la expansión de la tecnología del cultivo de microalgas incrementará significativamente la productividad y reducirá los costos de producción, y este es el reto que se debe enfrentar en el futuro, para lograr la expansión del mercado y la promoción del uso de las microalgas.

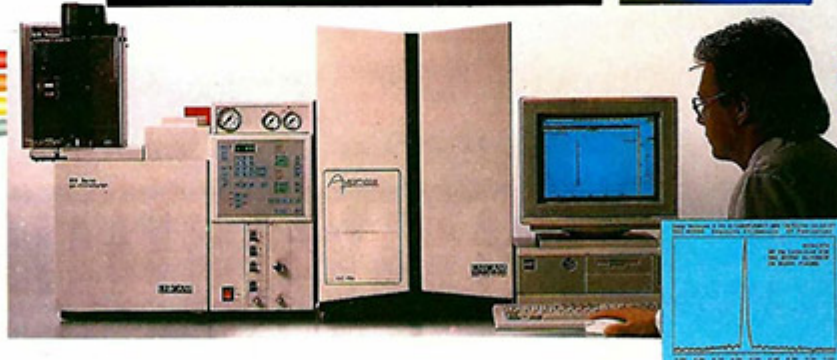
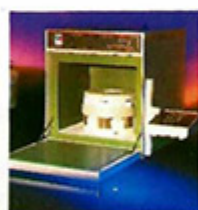
Bibliografía

1. **Becker EW, Venkataraman LV:** *Biotechnology and Exploitation of Algae. The Indian Approach.* Deutsche Ges. Tech. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH Eschborn Fedl. Republic Germany, 216 p., 1982.
2. **Benemann JR, Koopman G, Weissman JC, Eisenher DM, Goebel R:** *Development of microalgal harvesting and high-rate ponds technologies in California.* En: *Algal Biomass.* Shelef G, Soeder CJ, Balaban M (Eds), Elsevier, Amsterdam, pp. 457-495, 1980.
3. **Borowitzka MA:** *Algal Growth, Media and Sources of Algal Cultures.* En: *Microalgal Biotechnology.* Borowitzka MA, Borowitzka LJ (Eds), Cambridge University Press, pp. 456-465, 1988.
4. **Cañizares RO, Casas C:** *Cuadernos sobre biotecnología.* Cinvestav-I.P.N., México, 50 p., 1991.
5. **De Pauw N, De la Noue J:** *Production and utilization of microalgae: The potential of microalgal biotechnology.* En: *Food and Biotechnology.* Canadá, agosto 1987, pp. 287-329.
6. **Huntley ME, Nonomura AM, De la Noue J:** *Algal Culture System.* En: *Biotreatment of Agricultural Wastewater.* CRC Press, pp. 112-130, 1989.
7. **Lewis CW:** *Biotechnological practices in integrated rural development.* En: *Microbial Technology in the Developing World.* Dasilva Edit., Oxford University Press, pp. 87-120, 1987.
8. **Lincoln EP, Hill DT:** *An Integrated Microalgal System.* En: *Algal Biomass.* Shelef G, Soeder CJ (Eds), Elsevier/North-Holland Biomedical Press, pp. 229-243, 1980.
9. **Oswald WJ:** *Micro-algae and wastewater treatment.* En: *Microalgal Biotechnology.* Borowitzka MA, Borowitzka LJ (Eds), Cambridge University Press, pp. 305-328, 1988.
10. **Richmond A:** *Aplicaciones de cultivos de microalgas a gran escala.* En: *Phycological Research, Vol. 7, Cap. 4,* Biopres Lt., pp. 1-62, 1990.
11. **Soeder CJ:** *Chemical Composition of Microalgal Biomass as Compared to Some Other Types of Single Cell Protein (S.C.P.).* Presentado en el Segundo Simposio de Algas. El Cairo, Egipto, 1979, pp. 29-59.
12. **Soeder CJ:** *The Scope of Microalgae for Food and Feed.* En: *Algal Biomass.* Shelef G, Soeder CJ (Eds), Elsevier/North Holland Biomedical Press, pp. 9-20, 1980.
13. **Vázquez-Duhalt R, Arredondo-Vega BO:** *Microalgas, fuente de aceites comestibles y terapéuticos.* *Biotecnología* 1(6): 19-33, 1992.
14. **Vonshak A:** *Recent advances in microalgal biotechnology.* *Biotech Ad* 8: 709-727, 1990.



UNICAM
ANALYTICAL SYSTEMS

UNICAM
ESPECTROFOTOMETRIA
* UV/VIS
* Absorción Atómica
* Plasma acoplado ICP
* Masas
* Infrarrojo - FTIR
CROMATOGRAFIA
* Gases
* Líquidos
* Electroforesis capilar



TECNICAS COMBINADAS
* Cromatografía de Gases - Masas
* FTIR - Masas
* FTIR - Cromatografía de Gases
* FTIR - Termogravimetría

PHILIPS

ESPECTROMETRIA POR RAYOS X
* Longitud de Onda
* Energía dispersiva

DIFRACTOMETRIA POR RAYOS X
* Multipropósito
* Investigación
* Control de Calidad
MICROSCOPIA ELECTRONICA
* Barrido
* Transmisión

MILESTONE

SISTEMAS MICROONDAS
* Digestores

* Muflas
* Determinación de humedad/sólidos
* Reacción/síntesis orgánicas

PEAK SCIENTIFIC

GASES PARA LABORATORIO
* Nitrógeno
* Hidrógeno
* Aire
* Compresores
* Bombas de vacío

CIENCIA E INDUSTRIA

Productos y sistemas profesionales.

Calle 13 N° 51 - 39. Apartado 4284, Tel. 2 600 600

Fax 226 Tlx 44776 Fax (01) 2610444 BOGOTÁ



PHILIPS

A 3D molecular model is the central focus, featuring large red, orange, and blue spheres connected by thin rods. The spheres are arranged in a complex, branching structure. The background is a dark blue gradient with a light blue grid pattern that recedes into the distance, creating a sense of depth. The overall aesthetic is scientific and futuristic.

La vacuna de Pata

Alberto Ospina T.
Expresidente de A.C.A.C.
y primer director de Colciencias

Introducción

La malaria, o paludismo, es una enfermedad producida por un parásito protozoo del género *Plasmodium*, del cual se conocen cuatro especies que infectan al ser humano: *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale* y *P. malariae*. El más letal es el *P. falciparum*, al que se atribuye el 95% de las muertes por malaria en el mundo. En cifras absolutas este porcentaje equivale a más de dos millones de personas muertas al año, en 108 países afectados, distribuidos en toda la franja tropical del globo. El estimativo de personas infectadas es de 300 millones; y las que están en riesgo de contraer la enfermedad son más de 2000 millones. Estas cifras aumentan cada año, debido a que el parásito ha desarrollado resistencia a los

**“La malaria mata
cada año tres veces más
personas que el sida en 14
años. Pero nuevas terapias
ofrecen luces de esperanza”.**

medicamentos, y el mosquito vector se ha hecho inmune a los insecticidas.

El vector de la enfermedad es la hembra del mosquito *Anopheles*, la cual, cuando pica, inyecta el parásito con su saliva en el torrente circulatorio del individuo. Rápidamente el parásito llega al hígado, en donde se incuba por dos semanas, se multiplica y cambia de forma para lograr introducirse con facilidad en los glóbulos rojos. En el interior de éstos el parásito se nutre y se multiplica, hasta que al cabo de dos o tres días los glóbulos rojos infestados estallan y sueltan multitud de nuevos parásitos que invaden otros glóbulos rojos. El paciente comienza a sentirse enfermo y, según la especie del parásito y en forma variable, presenta escalofríos y fiebres intermitentes, con sudoración copiosa; o experimenta náuseas, desmayos, vómitos, y en un estado avanzado insuficiencia renal, pequeños bloqueos a nivel de los capilares cerebrales y muerte. El mosquito vector se infecta cuando chupa sangre de un enfermo, que puede ser una persona que muestra los síntomas anotados, o simplemente un portador asintomático del parásito (figura 1).

Con un tratamiento adecuado, la enfermedad es curable, aunque puede recurrir cuando el tratamiento ha sido insuficiente, o cuando el paciente ha sido reinfectado por nuevas picaduras. Las infecciones frecuentes confieren cierto grado de inmunidad a una persona, pero puede continuar siendo portadora asintomática de la enfermedad.

En un artículo reciente de la revista *Discover* (junio de 1993), Lori Oliwenstein hacía su introducción así: “La malaria mata cada año tres veces más personas que el sida

Arroyo contra la malaria

Trayectoria de una idea



Lennart Nilsson©

Figura 1. El ciclo de vida del Plasmodio se divide en dos hospederos: la hembra del mosquito *Anopheles* y el ser humano. Debido a la picadura del mosquito (1), el parásito ingresa en el organismo en la fase de su desarrollo denominada esporozoito (2), y rápidamente alcanza las células hepáticas (3). En el hígado prolifera en la forma de merozoito (4) y la ruptura de las células infectadas los libera al torrente sanguíneo (5), donde penetran en los glóbulos rojos e inician la fase de reproducción asexual (6). La ruptura



en 14 años. Pero nuevas terapias ofrecen luces de esperanza”.

Entre las nuevas terapias se destaca considerablemente la vacuna sintética SPf66, desarrollada en Colombia por el doctor Manuel Elkin Patarroyo y sus colaboradores del Instituto de Inmunología del Hospital San Juan de Dios, en Bogotá, con base en tecnologías para la elaboración de proteínas sintéticas, traídas por el mismo doctor Patarroyo a su laboratorio en 1978. A continuación se hace una síntesis de la trayectoria de 15 años, hasta el estado actual de desarrollo de la vacuna, difundida ampliamente en la literatura científica y con prometedores resultados obtenidos ya en varias pruebas de campo.

Anuncio temprano

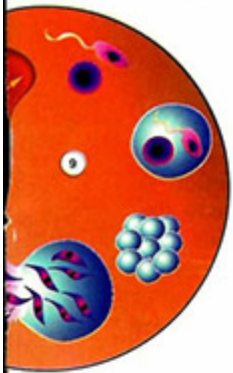
En 1987, Manuel Elkin Patarroyo, inmunólogo del Tercer Mundo (nacido en la población de Ataco, departamento del Tolima, Colombia), irrumpió en el escenario de la comunidad científica internacional con un

artículo publicado en *Nature*¹, sobre la inducción de inmunidad contra la infección experimental de malaria en monos lechuzca (*Aotus trivirgatus*), utilizando péptidos sintetizados de acuerdo con la estructura química de proteínas de la membrana externa del *P. falciparum* en su estado asexual (figura 2). Poco después, Patarroyo, dispuesto a divulgar su convencimiento de haber desarrollado una vacuna efectiva, publicó otro artículo en 1988, también en *Nature*², titulado: “Una vacuna sintética para protección humana contra el peligro de malaria producida por el *P. falciparum* en su estado asexual”.

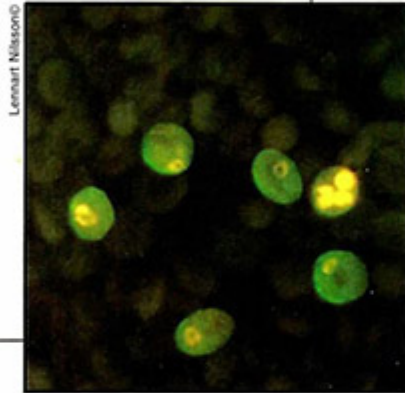
Estas publicaciones fueron recibidas con escepticismo o franca incredulidad. Se desató una gran controversia en el ámbito científico internacional.

La controversia

Diseñar y producir una vacuna contra la malaria, enfermedad que incapacita o



de los eritrocitos es seguida por la reinfección de nuevos glóbulos rojos y la diferenciación del parásito en formas sexuales, o gametocitos (7). Estos últimos, en los eritrocitos, son ingeridos por el mosquito (8), donde se transforman en gametos que se fertilizan y desarrollan en la pared intestinal, resultando oocistas que finalmente liberan esporozoitos en las glándulas salivares del mosquito (9), con lo que se perpetúa el ciclo de vida del parásito.



Lennart Nilsson ©

Figura 2. "Mico aotus" (*Aotus trivirgatus*), con los cuales se adelantó el reconocimiento de las proteínas y los péptidos involucrados en la elaboración de la vacuna sintética contra la malaria.

Que a los ensayos de laboratorio o a las pruebas de campo les faltaba rigor y, por tanto, los resultados no eran del todo confiables; que si bien era cierto que la vacuna despertaba respuesta inmunológica, no se había probado una correlación entre ésta y el grado de protección contra la enfermedad;

mata tanta gente en el mundo, ahora en peligroso resurgimiento, constituía una hazaña comparable a los más importantes descubrimientos de la medicina contemporánea. Y no podía ser un científico del Tercer Mundo quien se apresuraba a proclamarse como descubridor de esa vacuna. ¡Tenía que probarlo! Alguna falla debía existir; y sus colegas rezagados en la carrera investigativa, o aquellos con resultados prometedores aún no publicados, frutos de esfuerzos con métodos científicos o enfoques tecnológicos distintos, se dedicaron a buscarla.

que algunos colegas de la Universidad del Valle, en Colombia, y otros del Centro para Control de Enfermedades en Atlanta, Estados Unidos, no habían podido reproducir los resultados obtenidos en monos por Patarroyo, utilizando la misma vacuna y los mismos métodos.

El doctor Louis Miller, jefe del laboratorio de investigación en malaria del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos, escribió, sorprendido, un artículo titulado "Effective vaccine for humans?" Este artículo, que apareció en el mismo número de *Nature* (Vol. 332, marzo 10 de 1988) en donde se publicó el de Patarroyo anunciando su vacuna humana, sembraba, de principio a fin, una cadena de dudas que iban desde la advertencia sobre el formidable desafío científico que significaba desarrollar una vacuna contra el parásito en su estado asexual, pasando por todas las posibilidades de mutación del mismo para "sacarle el cuerpo" a cualquier vacuna, hasta la voz de alarma sobre el alto riesgo de las pruebas en humanos, por la probabilidad de que algunos eritrocitos enfermos (llenos de parásitos) fueran "secuestrados" a lo largo del endotelio vascular y escaparan a la detección de control, permitiendo llegar, inadvertidamente, a un estado de parasitemia peligrosamente alto.

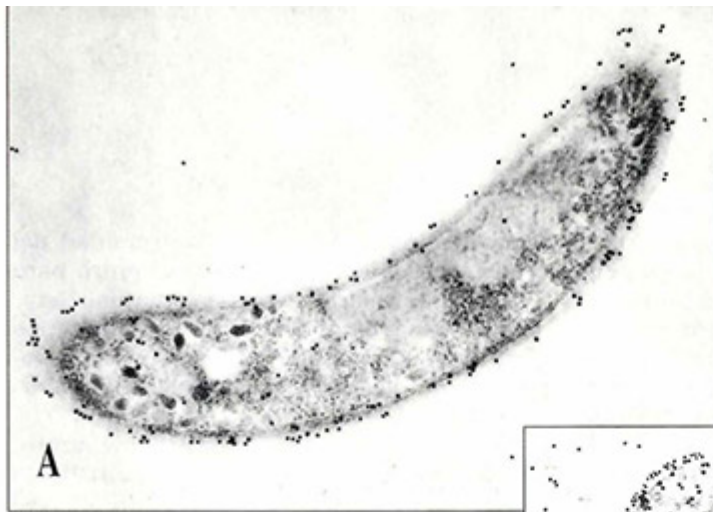
Este artículo, y la serie de críticas que siguieron a los anuncios hechos en *Nature*, hubieran podido terminar con el proyecto en la temprana etapa de los primeros ensayos; pero el doctor Patarroyo no sucumbió a las críticas. En cambio, se lanzó a una campaña masiva de pruebas en miles de personas, en diversos ambientes geográficos, con variados tipos de población y amplia distribución de edades. Las diversas series de pruebas fueron seguidas de una agresiva producción de publicaciones científicas y presentaciones personales, en los más variados foros, especializados o no.



La vacuna

Instituto de Inmunología

Los artículos publicados en 1987 y 1988 informaban sobre los resultados de 10 años de pacientes trabajos de investigación,



A

Figura 3. Anticuerpos dirigidos contra el esporozoito (A) y el merozoito (B), inducidos con la vacuna sintética SPf66 y detectados mediante inmunomicroscopía electrónica. Los anticuerpos se detectan por medio de partículas negras de oro coloidal. (Fotografías gentilmente proporcionadas al doctor Manuel E. Patarroyo por el doctor Ripley Ballou).

por un equipo interdisciplinario de científicos del Instituto de Inmunología, liderado por el doctor Patarroyo, quien había traído la idea de las vacunas sintéticas de la Universidad Rockefeller en Nueva York, donde recibió inicialmente la colaboración del doctor Bruce Merrifield, premio Nobel de Química en 1984.

Hace 10 años, sin embargo, las posibilidades de adelantar investigaciones en biología molecular y en inmunología eran escasas en Colombia. Había que comenzar por conseguir un sitio adecuado, organizar y dotar un laboratorio, y seleccionar personal científico. Sólo con estas bases mínimas era posible emprender la formidable tarea de crear una vacuna sintética contra la malaria. Con nada de eso contaba el doctor Patarroyo. Pero su determinación, su fe y su energía lo animaron a comenzar con lo que había disponible, saltando por encima de los obstáculos y viendo sólo oportunidades de batallar y vencer en cada dificultad encontrada, en cada necesidad insatisfecha. Así fue naciendo el Instituto de Inmunología.

El aspecto económico era crucial. En un principio, el doctor Patarroyo destinó su sueldo como médico del Hospital San Juan de Dios a la compra de equipos. Con este ejemplo, el director del hospital no tuvo más remedio que asignarle una modesta partida presupuestal para el laboratorio. El impulso vital para lo que ahora es el Instituto fue dado por el gobierno del presidente Belisario Betancur, que le asignó recursos suficientes para una adecuada infraestructura de investigación. Desde entonces los dos gobiernos siguientes le han brindado el apoyo necesario para continuar con su labor científica.

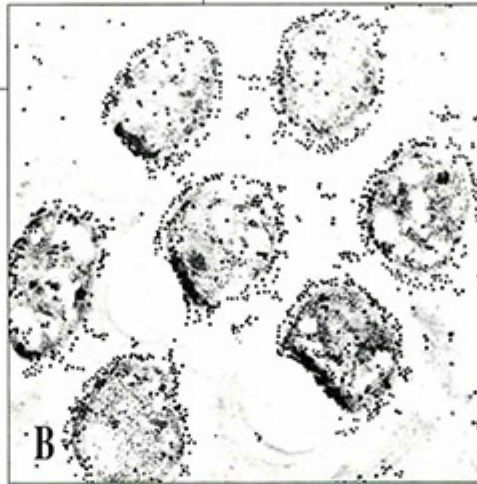
Golpes de ingenio

Si bien las técnicas de análisis molecular y síntesis química las había traído de los laboratorios universitarios de Rockefeller, la tarea de desarrollar la vacuna era algo mucho más difícil; algunos la consideraban imposible, porque el parásito de la malaria, en su ciclo vital, desde que es inyectado por el mosquito, va al hígado para nutrirse y transformarse, y vuelve al torrente sanguíneo especialmente dotado para el ataque, tiene una misteriosa habilidad para evadir la respuesta inmunológica del organismo, mediante variaciones antigénicas, a medida que evoluciona en cada forma que adopta.

La vacuna tendría que contener antígenos específicos para cada una de esas etapas de variada complejidad molecular: la del esporozoito, cuando entra en el torrente sanguíneo por primera vez; la del merozoito o estado asexual, cuando entra en contacto con los glóbulos rojos al salir del hígado; y la forma sexual, cuando está listo para infectar de nuevo a los mosquitos vectores. La inmunidad conseguida con una vacuna específica contra el esporozoito, no sería efectiva contra el merozoito; por otro lado, la vacuna específica contra este estado, que es el que enferma a los glóbulos rojos y es rico en antígenos que provocan la fabricación de anticuerpos por el organismo, parecería tener las mejores posibilidades, pero no era probable que pudiera prevenir la parasitemia causada por los esporozoitos, en su camino hacia el hígado o en las células hepáticas; o, como decía el doctor Miller, por los eritrocitos enfermos "secuestrados" a lo largo del endotelio vascular. Aquí fue donde Patarroyo tuvo un golpe de ingenio, como lo veremos más adelante.

Una vez tomada la decisión de trabajar en la vacuna contra el estado asexual del parásito, quedaba la inmensa dificultad de averiguar cuál o cuáles de las innumerables proteínas del mismo eran las que producían la respuesta inmunológica. El único camino era el de la experimentación y la investigación.

Utilizando preparaciones individualmente purificadas, extraídas de la membrana



B

**Combinar
fragmentos del
merozoito y del
esporozoito:
una proeza de
ingeniería
molecular.**

superficial del merozoito (*P. falciparum*), se realizaron numerosos ensayos con sueros humanos inmunes como fuente de anticuerpos. En parte como resultado de sus múltiples pruebas y en parte "pescando" en la literatura científica, Patarroyo y su grupo identificaron dos moléculas particularmente prometedoras por su acción inmunogénica. Fueron éstas las de peso molecular 83 kDa (kiloDaltons) y 35 kDa. Por otro lado, las moléculas de 155 kDa y de 55 kDa mostraron protección parcial en monos *Aotus*.

Posteriores trabajos de secuenciamiento y de clonaje genético con estas moléculas condujeron a la síntesis de 84 péptidos diversos, todos los cuales fueron cuidadosamente estudiados y ensayados.

Las pruebas con suero humano inmune dieron resultados prometedores, pero ninguno extraordinario, y sólo unos pocos demostraron protección parcial cuando se probaron en monos. Aquí brilló otro golpe de genio: ensayar combinaciones de péptidos. Después de multitud de ensayos, en 1986 fue descubierta una combinación óptima que demostró buena protección en monos: la mezcla formada por antígenos derivados de las moléculas de 83, 55 y 35 kDa.

Repetiendo siete veces los ensayos en monos, con diversos regímenes de inmunización, se llegó a comprobar que 50% de los monos tuvo protección completa y 37% protección parcial, con sólo 15% de monos que no quedaron inmunizados. Con base en estos resultados se decidió sintetizar el polímero que

constituiría la vacuna.

Fue toda una proeza de ingeniería molecular en donde brilló por segunda vez el golpe de ingenio del que se habló antes: ¿qué tal combinar al tiempo fragmentos del merozoito y del esporozoito? El motivo asparagina-alanina-asparagina-prolina (NANP) era bien conocido como el elemento dominante (B-cell epitope) en los esporozoitos. Patarroyo tomó la proteína de peso 83 kDa y la colocó en medio de la de 35 y la de 55 kDa, uniéndolas entre sí con dos péptidos del esporozoito; al agregar cisteína en los terminales amino y carboxilo, la combinación se polimerizaría en una molécula estable con 45 aminoácidos, repetidos varias veces, con peso molecular promedio de

25 a 35 kDa. A este copolímero se le denominó SPf66 (SP por proteína sintética; f por *falciparum* y 66 porque fue el resultado de la combinación número 66).

Pruebas en humanos

Entonces vinieron los ensayos de la vacuna SPf66 con monos *Aotus*. Después de determinar que era segura, inmunogénica y protectora en los monos, se comenzaron las pruebas en humanos con un grupo de 13 soldados voluntarios, seguido más tarde con dos series de pruebas, Tumaco A y Tumaco B, en las cuales se inmunizaron 83 y 123 individuos, respectivamente, escogidos al azar entre dos grupos más grandes (193 y 206) de jóvenes de 18 a 21 años de edad.

En estas pruebas y en otra previa con 20 voluntarios vacunados, el grado de inmunidad resultante se clasificó en tres grupos: el primero, de alta respuesta inmune; el segundo, de respuesta intermedia, y el tercero, de baja respuesta, de acuerdo con los porcentajes anteriormente descritos para los ensayos preliminares.

Luego se hicieron pruebas para determinar la dosificación óptima y los tiempos de aplicación. En ellas se aprendió que la vacuna SPf66 debe ser administrada en dosis de 1 mg en los días cero, 30 y 180, para asegurar el máximo de protección.

En los grupos Tumaco A y Tumaco B combinados se obtuvo un promedio de eficacia de la vacuna contra *P. falciparum* de 74.3%⁵.

Aunque en estas pruebas se encontró buen grado de eficacia protectora contra el *P. vivax* (Tumaco B, 60.6%), otras pruebas posteriores en Colombia, Venezuela y Ecuador no lo han confirmado, quizás debido al escaso número de individuos afectados por este parásito en las áreas de ensayo. En cambio, estas pruebas sí han producido resultados bastante coincidentes en cuanto al grado de protección contra el *P. falciparum* encontrado y reportado antes por el grupo de Patarroyo.

Una importante desviación del nivel de protección general contra el *P. falciparum* fue encontrada en la prueba de La Tola, Colombia, reportada en *Lancet* en marzo de 1993¹⁵. En estas pruebas el grado de eficacia protectora en promedio fue sólo de 38.8%. Sin embargo, la protección en niños de 1 a 4 años (77%) y en adultos mayores de 45 años (67%) se mantuvo, aproximadamente, en los niveles previamente reportados.

Reconocimiento

En febrero de 1991, ante el tercer encuentro anual de malaria de la Sociedad Británica de Parasitología, en la Escuela Real de Medicina, en Edimburgo, el doctor Patarroyo presentó los resultados de pruebas hechas primero con monos *Aotus* y luego con voluntarios de las Fuerzas Armadas de Colombia, utilizando la vacuna SPf66. Su presentación fue hecha en la sección sobre pruebas con vacunas y estudios de campo, atendida por los más destacados especialistas mundiales. La disertación fue resumida y comentada por el doctor Graham H. Mitchell, del Departamento de Inmunología, Escuela de Medicina, del Hospital Guy de Londres, y publicada como editorial en la revista *Vaccine*.

También fue comentada en otras publicaciones científicas, entre las que se destaca un artículo de Caroline Ash, "First Impressions on the Malaria Vaccine", publicado en *Parasitology Today*, Vol. 7, No. 4, 1991, en el que, además de un breve resumen de la presentación, da cuenta de los resultados positivos de pruebas realizadas primero en Colombia y luego en Venezuela, así como de la iniciación de ensayos en Ecuador, Brasil y Perú. La eficacia protectora reportada en las pruebas de Venezuela fue del orden de 50% a 55% después de tres dosis de la vacuna.

El doctor Mitchell inició su editorial en *Vaccine* diciendo que su propósito era diseminar a una audiencia más amplia, de manera informal, el conocimiento de las pruebas reportadas en la reunión por el doctor Patarroyo. Después de una erudita disertación sobre las bases científicas de la síntesis química, progenitora del copolímero SPf66, describió los resultados de las pruebas de campo y se refirió a la serie de 12 pruebas de Tumaco, en las cuales la respuesta inmune configuró, como se dijo antes, tres grupos: respuesta alta, media y baja, sin reacciones adversas significativas.

Luego de dar crédito a las otras pruebas que se adelantaban en Colombia y demás países mencionados, con más de 27.000 individuos que incluyeron buena cantidad de niños, así como a las que se planeaban para África, el doctor Mitchell concluye: "Patarroyo y Colombia deben ser felicitados por este trabajo: ¡una vacuna contra la malaria ha llegado! Es imperfecta, pero aún así merece recibir la aclamación pública que ha

tenido en Suramérica. Esperamos su éxito en África".

Finalmente, en informe de prensa de febrero 13 de este año, la Organización Mundial de la Salud confirmó resultados preliminares positivos de las pruebas con SPf66 hechas en Tanzania. Estos resultados fueron publicados en la revista *Vaccine* en febrero 18.

Bibliografía

1. Patarroyo ME, Romero P, Torres ML, Clavijo P, Moreno A, Martínez A, et al.: Induction of protective immunity against experimental infection with malaria using synthetic peptides. *Nature* 328: 629-632, 1987.
2. Patarroyo ME, Amador R, Clavijo P, Moreno A, Guzmán F, Romero P, et al.: A synthetic vaccine protects humans against challenge with asexual blood stages of *Plasmodium falciparum* malaria. *Nature* 332: 158-161, 1988.
3. Mitchell GH. *Vaccine*, abril 1991, Editorial.
4. Ash, Caroline. *Parasitology Today* 7(4): 63-64, 1991.
5. Amador, Roberto, et al.: The first field trials of the chemically synthesized malaria vaccine SPf66: Safety, immunogenicity and protectivity. *Vaccine* 10, Issue 3: 179-183, 1992.
6. Murillo, Luis Angel, et al.: Molecular analysis of HLA DR4-B1 gene in malaria vaccine. Typing and subtypings by PCR technique and oligonucleotides. *Parasite Immunology* (13): 201-210, 1991.
7. Patarroyo ME, et al.: Genetic control of the immune response to a synthetic vaccine against *Plasmodium falciparum*. *Parasite Immunology* (13): 509-516, 1991.
8. Walgren, Mats, et al.: Epitopes of the *Plasmodium falciparum* clustered-asparagine-rich protein (CARP) recognized by human T-cells and antibodies. *Parasite Immunology* (13): 681-693, 1991.
9. Molano, Alberto, et al.: In human malaria protective antibodies are directed mainly against the lys-Glu ion pair with the Lys-Glu=Lys motif of the synthetic vaccine SPf66. *Parasite Immunology* (14): 11-24, 1992.
10. Murillo, Luis A, et al.: A specific T-cell receptor genotype preference in the immune response to a synthetic *Plasmodium falciparum* malaria vaccine. *Parasite Immunology* (14): 87-94, 1992.
11. Rocha CL, et al.: Determination of the immunization schedule for field trials with the synthetic malaria vaccine SPf66. *Parasite Immunology* (14): 95-109, 1992.
12. Salcedo M, et al.: Studies on the humoral immune response to a synthetic vaccine against *Plasmodium falciparum* malaria. *Clinical Exp Immunology* (84): 122-128, 1991.
13. Amador, Roberto, et al.: Safety and immunogenicity of the synthetic malaria vaccine SPf66 in a large field trial. *Journal of Infectious Diseases* (166): 139-144, 1992.
14. Aguiar, Jozo C, et al.: Agglutination of *Plasmodium falciparum* infected erythrocytes from east and west African isolates human sera from distant geographic regions. *Amer Journal of Med Hyg* 5(47): 621-632, 1992.
15. Valero MV, et al.: Vaccination with SPf66, a chemically synthesized vaccine, against *Plasmodium falciparum* malaria in Colombia. *Lancet* 341(8847): 705-710, 1993.
16. Cox FEG: That vaccine passes a trial. *Nature* 362: 410, 1992.
17. Maurice, John: Controversial vaccine shows promise. *Science* 259: 1689-1690, 1993.

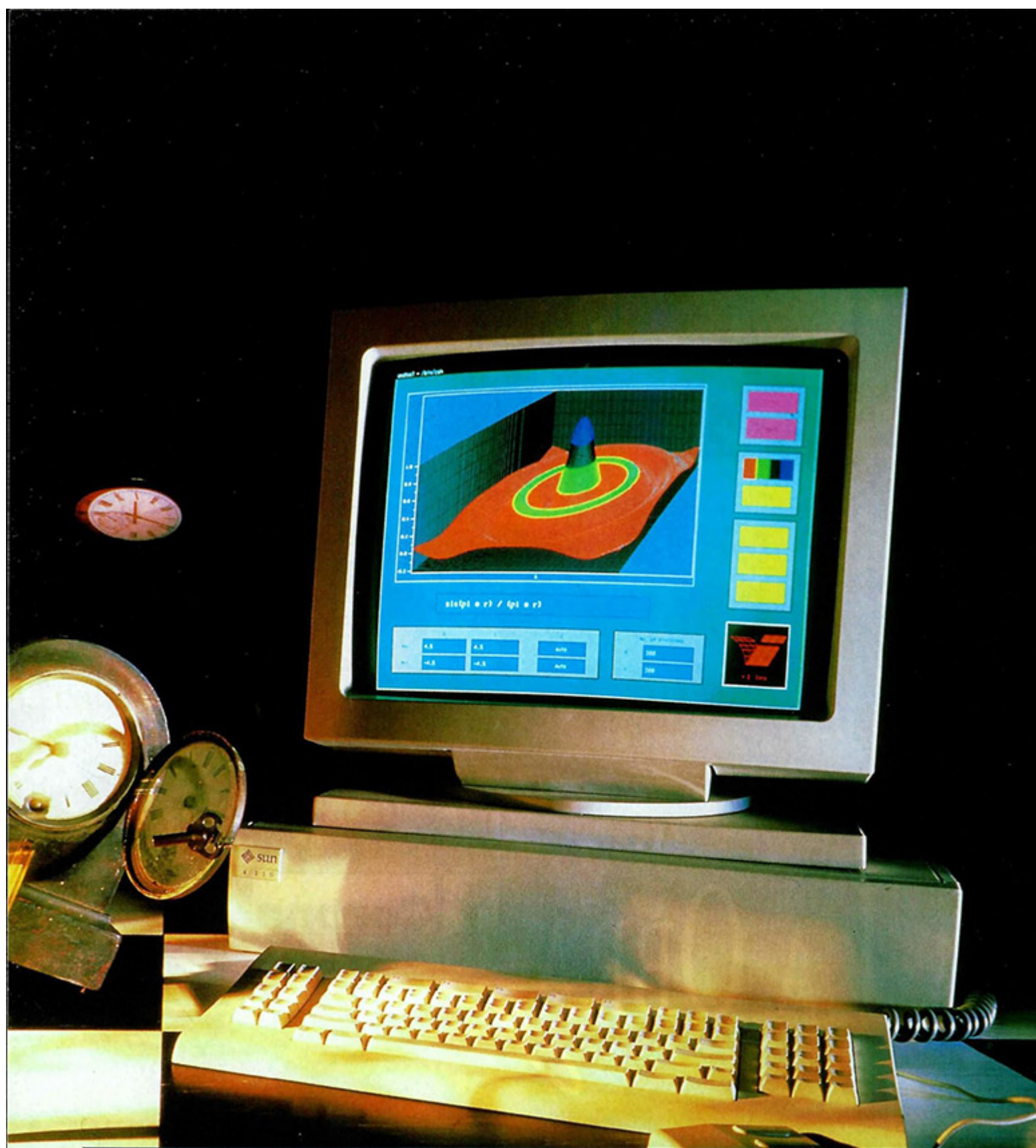


DaVinci

LA OBRA  *genial*

Nuevos ambientes. Exclusivos diseños, los últimos tamaños que se imponen en el mundo. La Nueva Línea Da Vinci de Corona crea una sinfonía del espacio . . . para ser vivida.

Venga y escúchenos.



Informática: Multiprocesadores

Gerhard Fritsch
Universidad de Erlangen-Nuremberg, Alemania
Profesor honorario Universidad Nacional de Colombia

Efraím Barbosa
Profesor Universidad Nacional de Colombia

Advenimiento de los supercomputadores

Durante los pasados 50 años, desde los primeros computadores de Princeton y de Zuse en Alemania, la potencia de cálculo y la capacidad de memoria del computador han crecido en muchos órdenes de magnitud. Sin embargo, su construcción ha estado basada casi exclusivamente en la arquitectura secuencial de Von Neumann. En esta arquitectura un procesador central único (central process unit) realiza operaciones, generalmente aritméticas, una después de otra. Para aumentar la potencia computacional, recientemente se han construido computadores basados en una arquitectura paralela, en la cual varios procesadores realizan simultáneamente, pero de manera coordinada, varias tareas. Así es como se ha logrado construir los denominados supercomputadores, que sirven como herramienta fundamental para la realización de investigaciones científicas avanzadas.

En la actualidad los supercomputadores logran potencias de cálculo de unos 10 gigaflops*, trabajando con memorias activas de varios gigabytes**. Podemos afirmar casi con seguridad, que antes de terminar este siglo existirán computadores con potencias de un teraflops***.

Tanto en las ciencias como en las ingenierías, los supercomputadores abren grandes posibilidades para la investigación y el desarrollo de nuevos productos y procesos. Estas

máquinas se aplican principalmente en los métodos de simulación numérica de fenómenos de la física, la química y las ingenierías.

Aplicaciones intensivas en cálculo numérico

Tradicionalmente las ciencias avanzaron mediante una interacción fructífera y permanente entre la teoría y la práctica. Esta última permite ratificar y mejorar las teorías existentes, o también rechazar o refutar teorías planteadas. A su vez, una teoría puede hacer predicciones y proponer nuevos experimentos, cuyos resultados posiblemente corroboran la hipótesis o predicciones de las teorías.

Con la aparición de los computadores de alta potencia, una nueva metodología, la ciencia computacional (computational science) está contribuyendo al avance de la investigación científica y al desarrollo de productos, materiales y complejos sistemas operativos. Muchos problemas no se pueden resolver analíticamente y por tanto es necesario utilizar métodos numéricos. Cuando el número de cálculos que el investigador debe realizar es muy grande, se requiere la utilización de un computador.

Por otro lado, si la potencia computacional es tan alta que podemos incluir un número suficientemente grande de parámetros o variables, entonces es posible simular fenómenos y experimentos científicos en el computador. Aunque en principio se puede simular cualquier experimento real, lo más importante es que pueden simularse experimentos peligrosos, costosos, o bien experimentos que nunca se podrían llevar a cabo en la realidad, como los "experimentos" astrofísicos. Los resultados de tales simulaciones o "preexperimentos" constituyen una buena base para el diseño de experimentos reales en el laboratorio.

El uso del computador permite simular experimentos peligrosos, costosos, o que nunca se podrían llevar a cabo en la realidad, como los "experimentos" astrofísicos.

e muy alta potencia

* *Flops, floating point operations per second (operaciones de punto flotante por segundo). Diez gigaflops equivalen a 10 mil millones de operaciones aritméticas por segundo.*

** *1GB equivale a mil millones de bytes, o sea mil millones de caracteres contenidos en una enciclopedia de alrededor de 30 volúmenes. De otro lado, 1B equivale a 8 bits.*

*** *Un millón de millones de operaciones aritméticas por segundo.*

A las metodologías tradicionales experimental y teórica, debemos ahora añadir una nueva metodología computacional.

A las metodologías tradicionales experimental y teórica, debemos ahora añadir una nueva metodología computacional. La cooperación de las tres metodologías se muestra esquemáticamente en la **figura 1**.

Para poder realizar una simulación del comportamiento de un sistema físico, químico o de cualquier otro tipo, es necesario adoptar un modelo matemático que esté de acuerdo con las posibilidades computacionales del computador de que dispongamos. En muchos casos es necesario producir una discretización de las variables físicas que normalmente son continuas. Así por ejemplo, el espacio continuo se reemplaza por una red o malla, de la cual sólo se tiene en cuenta los nodos de la misma. También el tiempo continuo se sustituye por una secuencia discreta de pasos de tiempo. De esta manera un sistema de ecuaciones diferenciales parcialmente se transforma en un sistema de ecuaciones de diferencias finitas y por consiguiente en un sistema de ecuaciones algebraicas.

Para estimar el número de cálculos que es necesario realizar, veamos a continuación las características de un problema de aerodinámica, como por ejemplo el que encontramos en la simulación del flujo de aire alrededor de un ala de avión o una carrocería de automóvil:

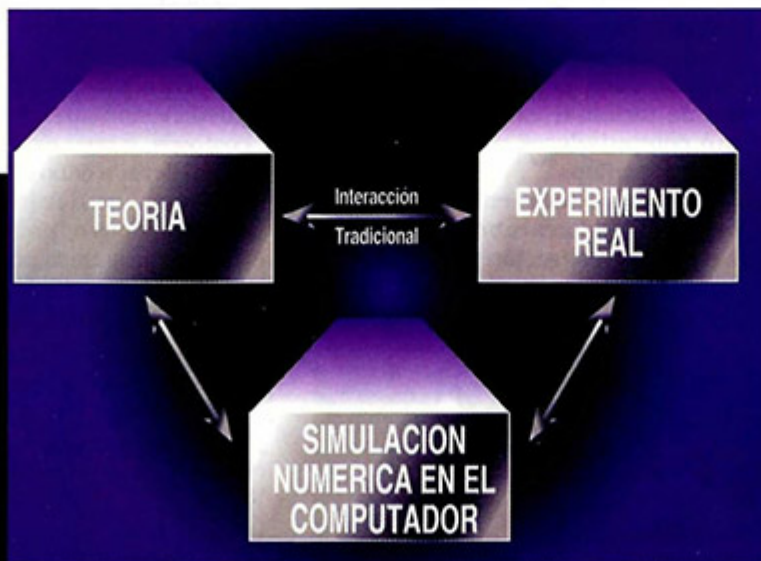
- Variables físicas (presión, componentes de la velocidad del flujo, temperatura): 10 (precisión del cálculo: 64 bit)
- Puntos de la malla numérica: 100 millones
- Pasos de tiempo: 100 mil
- Número de operaciones aritméticas por punto y por iteración: 100

Un problema como éste necesita un esfuerzo computacional de 10^{15} operaciones aritméticas. Si se utiliza un supercomputador con potencia de cálculo de 1 Gflops (mil millones de operaciones aritméticas por segundo), el tiempo de cálculo sería por lo menos 1000 segundos (en la práctica resulta ser mucho más, porque la eficiencia de la computación está bastante por debajo del 100%). La memoria activa necesaria para la solución computacional de tal problema es de 10^7 bytes.

Con estas simulaciones los ingenieros buscan optimizar la geometría del ala o de la carrocería, y para ello es necesario repetir los cálculos muchas veces cambiando parámetros geométricos. Utilizando los supercomputadores el tiempo de cálculo será de días o de meses. Con los computadores secuenciales ordinarios será de años o de siglos, lo que significa un tiempo total de cálculo bastante dispendioso.

Además de modelos basados en ecuaciones diferenciales, se aplican otros modelos apropiados al problema que se quiere simular. En tales modelos se utilizan sistemas de muchas partículas donde se requiere la utilización de métodos de dinámica molecular o métodos estadísticos de Monte Carlo. En

Figura 1. Interacción entre las tres metodologías con que cuenta ahora la investigación científica.



otros casos se usan cálculos *ab initio* basados en soluciones de la ecuación de Schrödinger, como por ejemplo en los cálculos de orbitales atómicos y moleculares.

Actualmente los problemas de simulación con necesidades de alta potencia de cálculo se presentan en áreas como nuevos materiales (simulación de propiedades macroscópicas de nuevos compuestos, por ejemplo cerámicas, polímeros, recubrimientos, superconductores y materiales multifuncionales); microtecnología y nanotecnología (nanoelectrónica, micro y nanoprosesamientos, tecnología de plasma); fotónica (optoelectrónica, tecnología láser, telecomunicación) y bioquímica (macromoléculas, biocatálisis, biotecnología, biosensórica, neurobiología).

Solamente los grandes computadores de arquitectura paralela, que corresponden a sistemas computacionales de muy alto rendimiento, permiten la simulación de los problemas en estas áreas.

Arquitectura de los computadores paralelos

Hoy en día se conocen dos grandes clases de computadores en paralelo: los de tipo MIMD (**m**ultiple **i**nstructions **m**ultiple **d**ata) y los de tipo SIMD (**s**ingle **i**nstruction **m**ultiple **d**ata). Para la simulación numérica se utili-

zan preferiblemente computadores paralelos del tipo MIMD, que se caracterizan por el hecho de que cada procesador en el sistema paralelo trabaja bajo su propio control. Los computadores del tipo SIMD se utilizan más bien para el procesamiento de imágenes.

Existen muchas posibilidades para las arquitecturas MIMD. Si el acoplamiento de comunicación entre los procesadores o computadores individuales es fuerte, se habla de multiprocesadores. Según el tipo de comunicación interprocesadora, se distinguen tres clases de ellos: los de memoria distribuida, los de memoria distribuida compartida y los de memoria globalmente compartida, tal como se presenta en la **figura 2**.

Los multiprocesadores con memoria distribuida se caracterizan por la comunicación interprocesadora a través de mensajes entre pares de procesadores, los cuales se conectan al mismo bus (conexiones múltiples para la comunicación entre procesadores).

La arquitectura que sería más apropiada para tener mecanismos de comunicación sencillos entre los distintos procesadores y la memoria es aquella en la cual la memoria global es compartida. Sin embargo, este principio no permite construir grandes computadores paralelos (con más de 10 procesadores), debido a que se produciría una gran congestión durante los accesos

de los procesadores a la memoria global.

Una combinación de las características de ambas arquitecturas se da en el microprocesador con memoria distribuida común (distributed shared memory). Este tipo de arquitectura es especialmente apropiado para el "mapping" o correspondencia de redes numéricas de un modelo discreto a una red bidi-

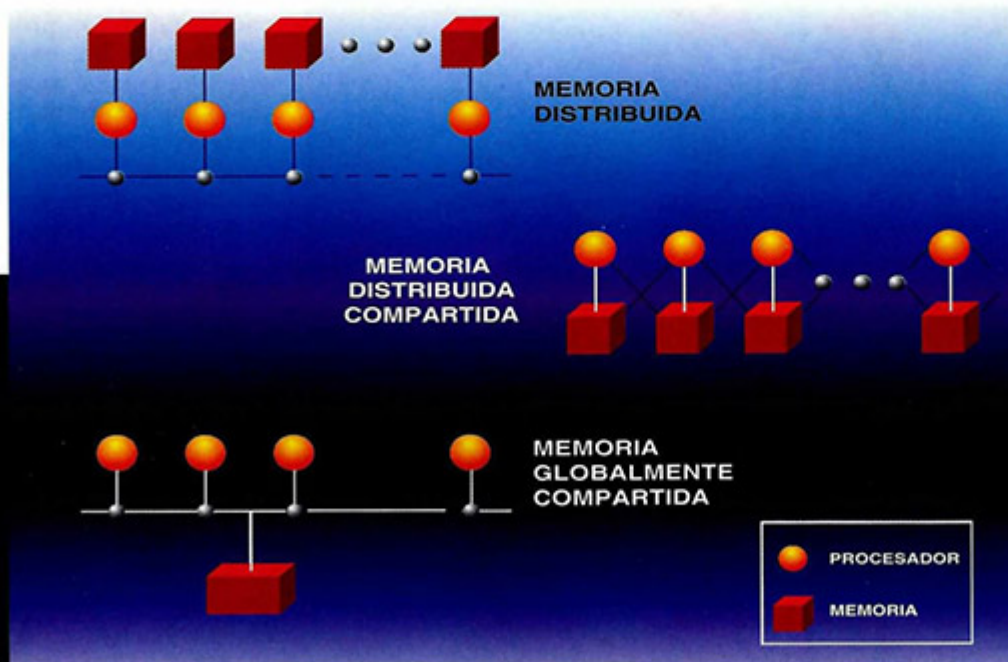


Figura 2. Las tres clases de acoplamiento de nodos en multiprocesadores.

mensional de procesadores. En la **figura 3** puede verse una ilustración del "mapping" de subáreas (en este caso áreas de la red numérica) sobre los nodos para un multiprocesador organizado en dos dimensiones (procesador individual y memoria del multiprocesador).

En esta figura se muestra cómo el cálculo paralelo de la red numérica es dividido en subáreas, las cuales son atribuidas a los procesadores de un multiprocesador organizado en dos dimensiones. Se necesita esencialmente comunicación local de datos entre subáreas vecinas. Esto corresponde al intercambio de datos entre procesadores vecinos de la red de comunicaciones.

En esta arquitectura la comunicación local se realiza a través del siguiente mecanismo: un procesador deposita datos en una memoria de comunicación y un procesador vecino, que también tiene acceso a esta memoria, lee los datos, sigue con un procesamiento de estos datos o los deposita en otra memoria de comunicación para transferirlos a otro procesador vecino.

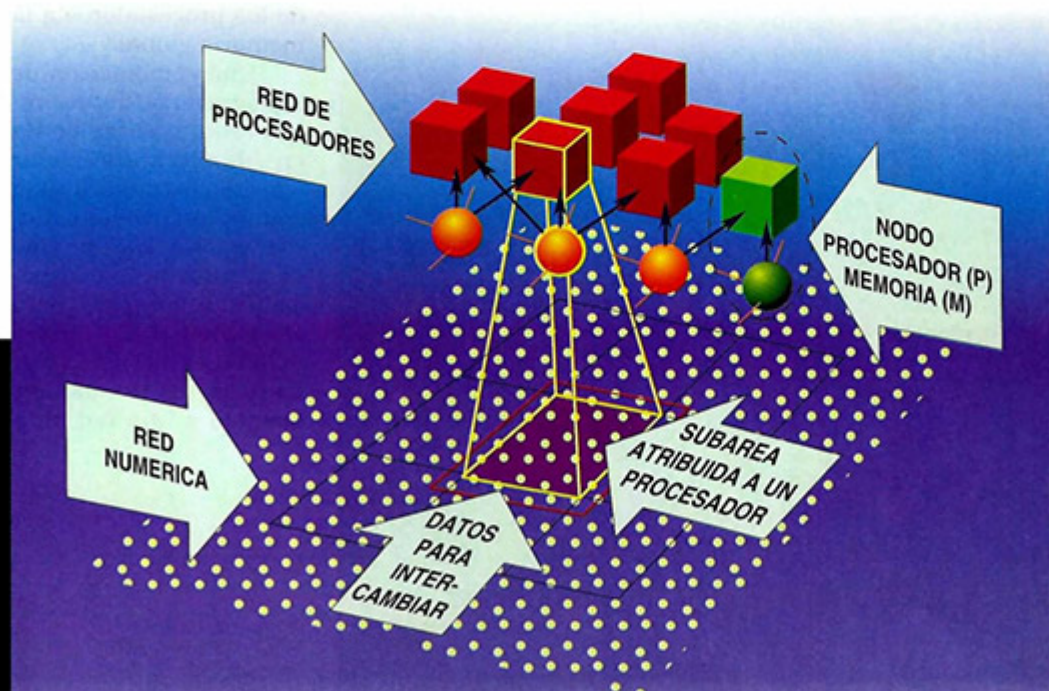
Con base en este principio de diseño, la Universidad de Erlangen en Nuremberg ha construido el multiprocesador MEMSY (mo-

dular expandable multiprocessor system), con 21 procesadores incorporados como se muestra en la **figura 4**. La estructura es una pirámide en tres planos: 16 procesadores "trabajadores" en el plano inferior (A), a cargo de hacer los cálculos solicitados; 4 procesadores "administradores", en el plano medio (B), para controlar a los trabajadores y para lograr una posible comunicación de mayor distancia, y un procesador top, "el jefe supremo", ubicado en el plano superior (C), para el control global y de entrada y salida.

Cada nodo del sistema multiprocesador MEMSY contiene un procesador compuesto y una memoria de comunicación con seis conexiones: una para el propio procesador, cuatro para los vecinos y una para el procesador "jefe" en el plano B, como se aprecia en la **figura 5**. El procesador compuesto consta de tres microprocesadores y de sus memorias privadas. Un microprocesador es el "master" (Motorola 88200), otro "especial" se dedica a operaciones aritméticas muy rápidas y el tercer microprocesador "watchdog" (supervisor) observa la ejecución del programa y comunica posibles errores al plano de control B.

En otros lugares se utilizan otras arquitecturas conformadas con base en mecanismos diferentes de comunicación entre los procesadores. En este artículo hemos mostrado solamente unos pocos ejemplos de los logros alcanzados en el progreso del proce-

Figura 3.
"Mapping" de la red numérica al plano A (plano de "trabajadores") del multiprocesador MEMSY.



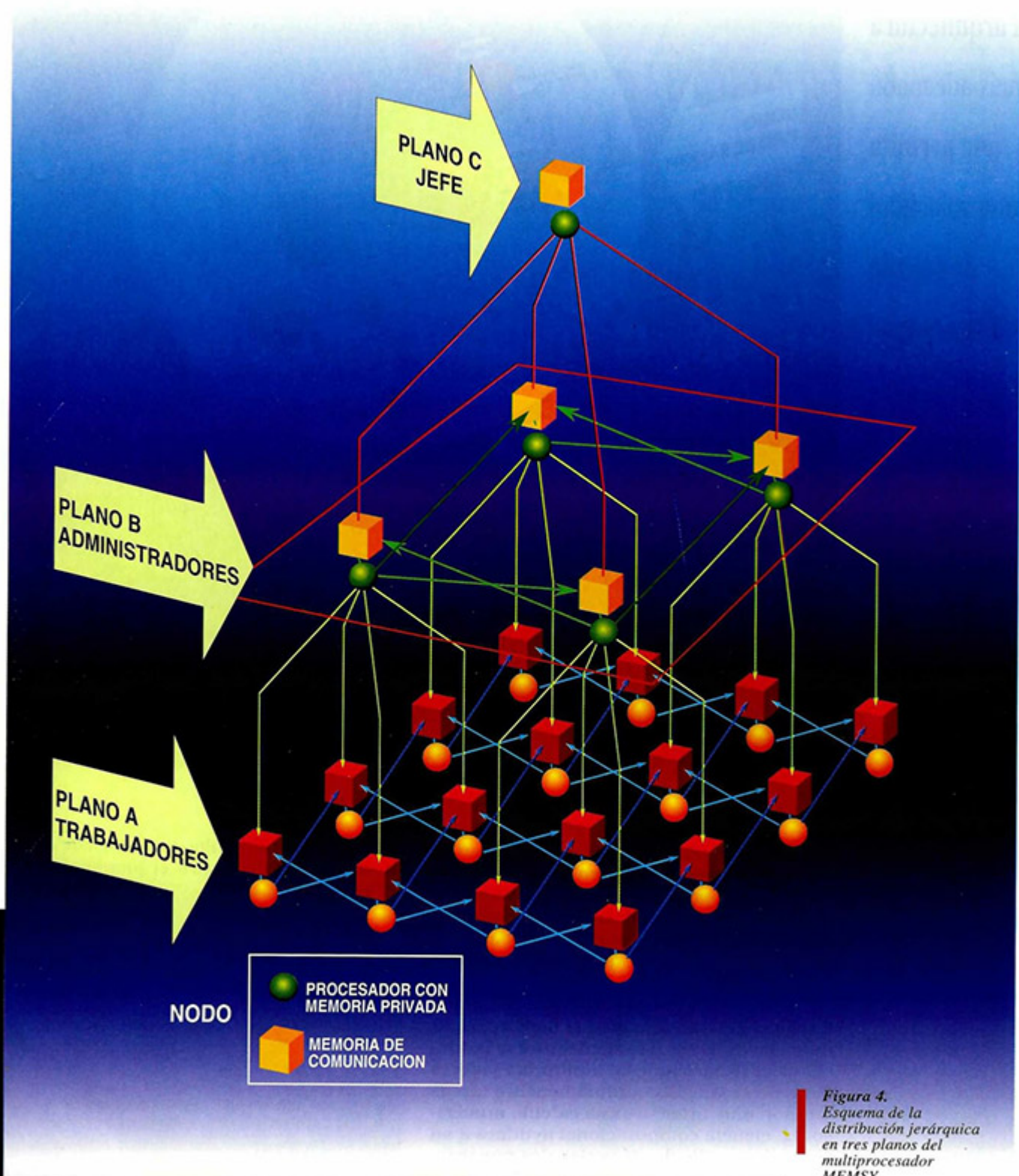


Figura 4.
 Esquema de la
 distribución jerárquica
 en tres planos del
 multiprocesador
 MEMSY.

El objetivo es hallar la arquitectura más adecuada que permita una velocidad de cálculo cada vez mayor.

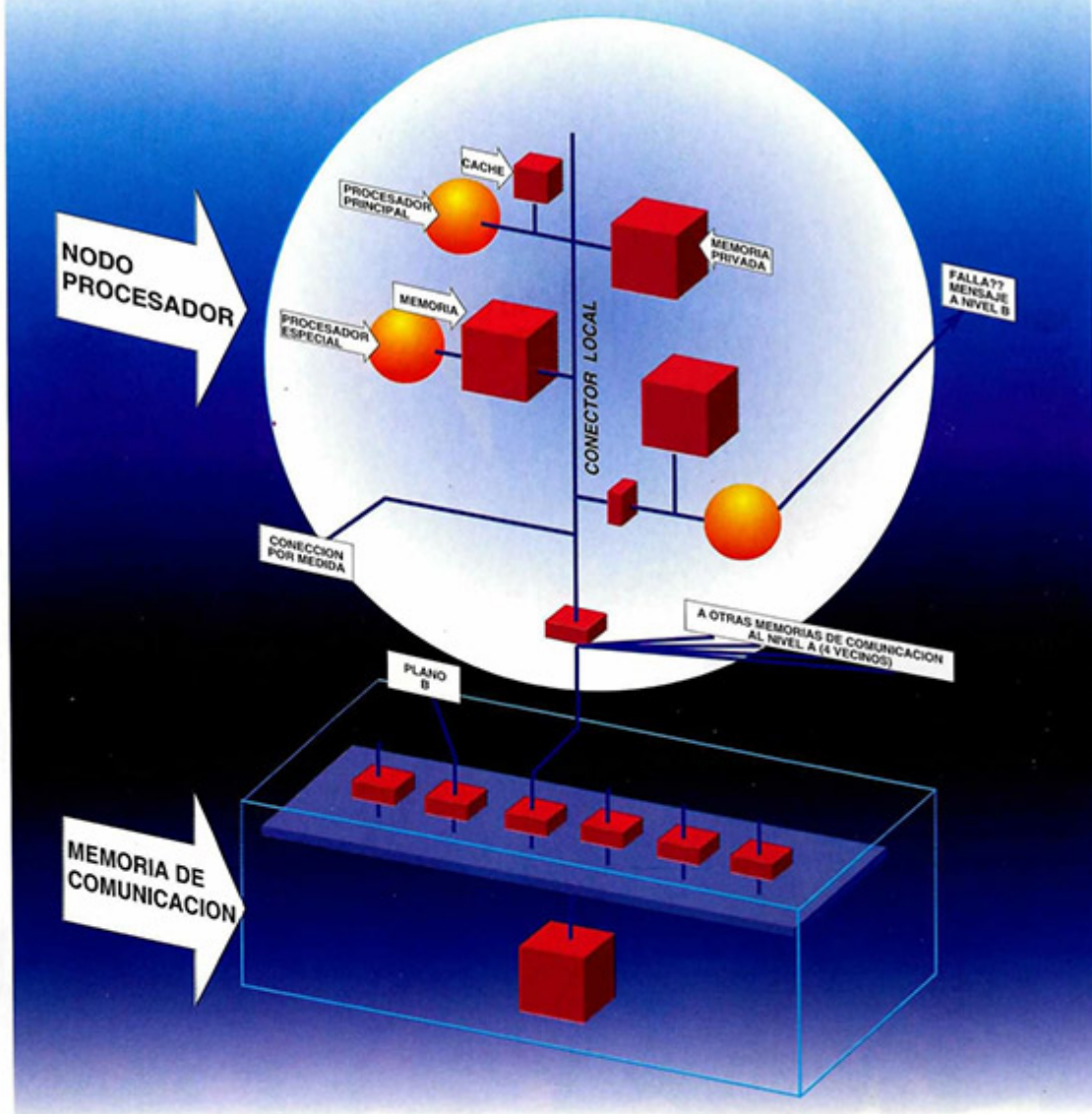


Figura 5. Estructura de un nodo procesador-memoria de comunicación, del multiprocesador MEMSY en el nivel A ("trabajador").

samiento en paralelo. Sin embargo, en el futuro cercano se debe intensificar no sólo la investigación para el diseño de nuevos multiprocesadores sino también para el desarrollo de nuevos métodos de programación que son diferentes en el caso de los procesadores secuenciales.

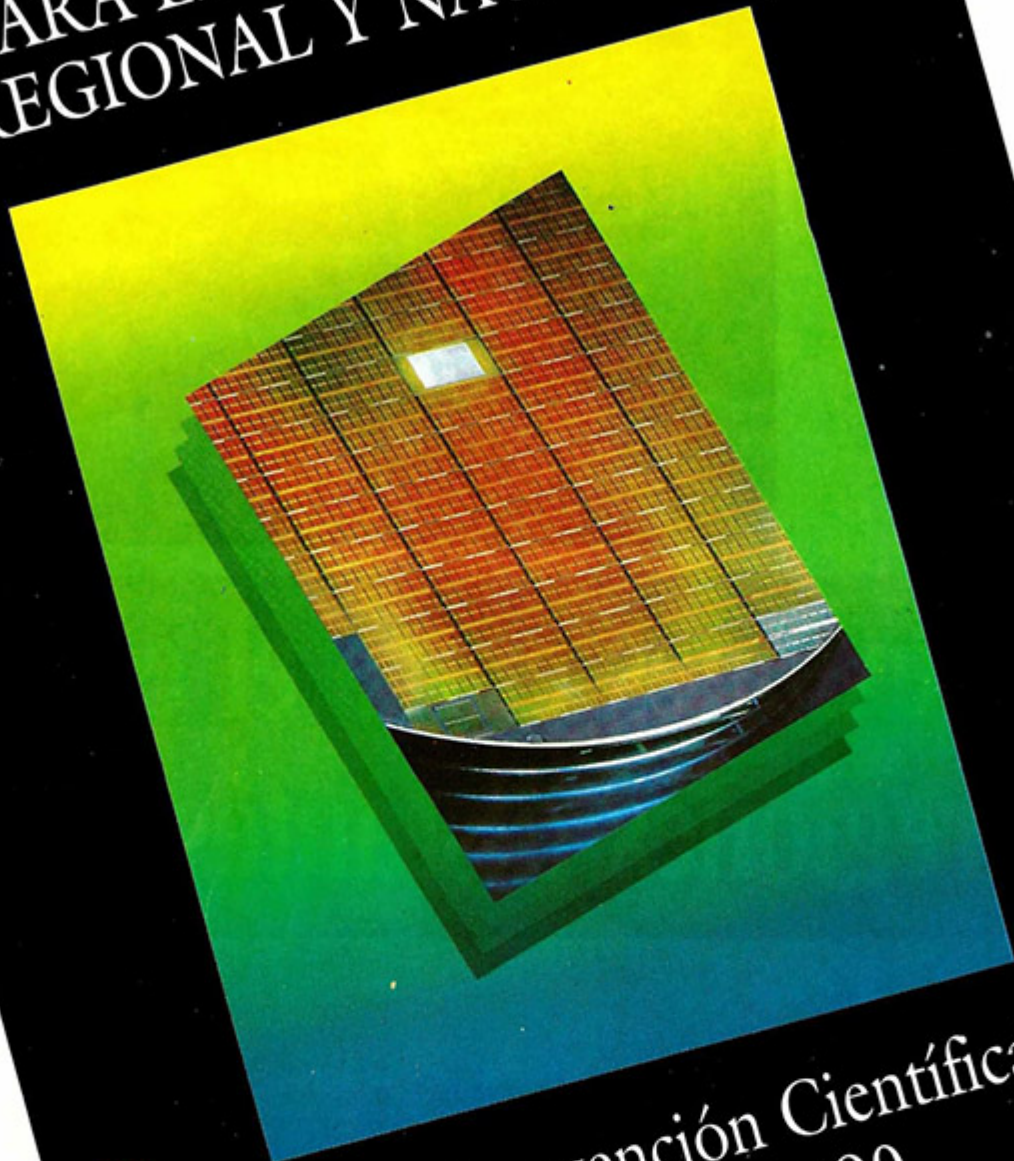
En la lucha por alcanzar una velocidad de cálculo cada vez mayor, el hombre continuará investigando la arquitectura más adecuada para hacer que los multiprocesadores paralelos realicen coordinadamente tareas que son muy intensivas en cálculo numérico. La ciencia computacional ayudará a su vez al desarrollo de otras ciencias que trae-

rán consigo desarrollos tecnológicos de indiscutible utilidad para el bienestar de la humanidad.

Bibliografía

1. *Fritsch G, et al.: Distributed Shared Memory Architecture MEMSY for High Performance Parallel Computations. Computer Architecture News 17(6): 22-35, Dec. 1989.*
2. *Hofmann F, et al.: MEMSY, A Modular Expandable Multiprocessor System. Proceedings SFB 182 IMMD, Universität Erlangen-Nürnberg, 1993.*

CIENCIA Y TECNOLOGIA
PARA EL DESARROLLO
REGIONAL Y NACIONAL



VIII Convención Científica
Nacional - 1990

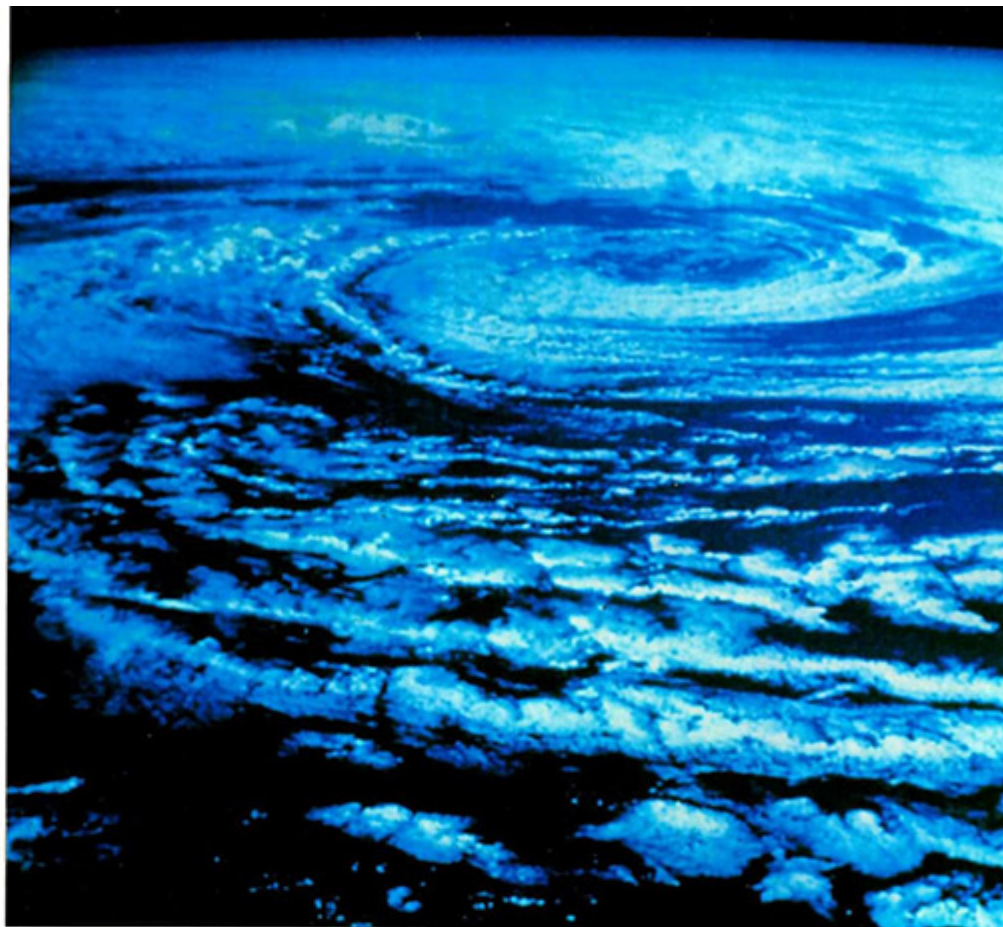
Adquiéralo ya!

 ASOCIACION
COLOMBIANA PARA EL
AVANCE DE LA CIENCIA

El mejor regalo para su biblioteca

Edgard Cabrera Luna
Capitán de Corbeta
Oceanógrafo físico
Decano Facultad
de Oceanografía-
Escuela Naval,
Cartagena de Indias

María Concepción Donoso
M.Sc., Ingeniería Oceánica



Conexiones entre el estado de en regiones distantes: mito o

Antecedentes

Desde tiempos remotos, el hombre ha tratado de establecer vínculos entre las variaciones del clima y distintos aspectos que afectan su existencia y su medio, en un intento por explicar desde las diferencias en la producción agrícola o animal, hasta la ocurrencia de grandes cambios sociales. En la mayoría de los casos, la explicación de estas relaciones clima-hombre-ambiente estaban impregnadas de misticismo, mas no por ello se puede desconocer la alta correlación existente entre varios de los fenómenos y los procesos documentados.

Durante cientos de años los habitantes de la costa oeste de América del Sur (hoy Perú

y Ecuador) reconocían la existencia de eventos climáticos de cierta periodicidad, que relacionaban con "años de abundancia" en la producción animal y vegetal, de acuerdo con los resultados del grupo de investigación liderado por el paleoceanógrafo W.H. Quinn de la Universidad de Oregon¹⁰.

Actualmente se sabe que estos eventos están vinculados con variaciones en las características físicas y dinámicas del océano y la atmósfera circundante. En condiciones normales, las aguas del Pacífico Sureste son relativamente frías y ricas en nutrientes, pero a finales de cada año se tornan más cálidas. El aumento de la temperatura del mar modifica el ambiente marino y ocasiona alteraciones en la atmósfera a través de la interacción continua entre ésta y el océano, lo que a su

tiempo realidad

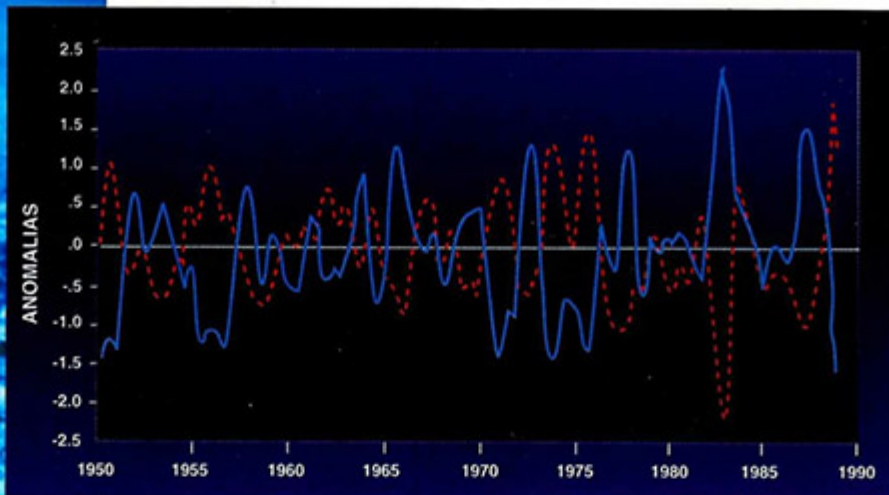


Figura 1. Distribución temporal de las anomalías de la presión a nivel del mar en Darwin (línea sólida) y Tahití (línea punteada).

vez origina variaciones en el ambiente en tierra firme.

Estos procesos, que se inician en diciembre y se extienden generalmente hasta mayo, se conocen en la región como "El Niño", por su ocurrencia próxima a la festividad religiosa de la Navidad.

La primera referencia escrita conocida acerca de estos eventos climáticos y ambientales se remonta a los años 1525 y 1526, a través de las crónicas de Francisco Pizarro⁴. A finales de la centuria pasada, la llegada de El Niño era motivo de preocupación en el Perú, por su impacto en la producción de guano, que traía como consecuencia una disminución en la exportación de este valorado fertilizante, con los correspondientes efectos económicos negativos para el país.

En las primeras décadas de nuestro siglo, se observa la ocurrencia de condiciones climáticas anómalas en otras regiones de América Latina, coincidentes con manifestaciones sobresalientes de El Niño.

Pese a que se sugiere la influencia de estos eventos extremos en las variaciones del clima registradas en el continente, con las consecuentes implicaciones ecológicas, su impacto no deja de considerarse como de carácter local. En los años 50 y 60, el término "El Niño" se aplica para referirse a los períodos de calentamiento excesivo de las aguas del Pacífico Sureste observados cada tres o seis años.

La dinámica de la vinculación existente entre el fenómeno de El Niño y otros procesos de la atmósfera y el océano evoluciona como resultado de estudios meteorológicos y oceanográficos, y en especial como consecuencia

del avance en la comprensión del sistema global océano-atmósfera.

En el campo de la meteorología, a finales del siglo pasado se identifica una relación en la oscilación de la presión atmosférica superficial en diferentes puntos geográficos de los hemisferios Norte y Sur. Walker y Bliss (1932, 1937) presentaron la primera caracterización de la relación inversa entre las variaciones de presión registradas en Darwin, Australia (12.4°S, 130.9°E), y Papeete, Tahití (17.5°S, 149.6°W), y su asociación con alteraciones en la temperatura y en el régimen de lluvias y vientos (**figura 1**). Este mecanismo oscilatorio que define el patrón de variación de la presión atmosférica entre los dos puntos geográficos mencionados se denomina "Oscilación del Sur" (OS). Bjerknes² estableció la vinculación entre el fenómeno oceánico de El Niño y su contraparte en la atmósfera, la Oscilación del Sur. En este sentido, se define un evento ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) como aquel durante el cual la Oscilación del Sur es extrema (altas presiones en Tahití y bajas en Darwin) y a la vez se presenta El Niño (altas temperaturas en el Pacífico Sureste).

Definición del concepto: teleconexiones

El análisis de múltiples observaciones denota la presencia de anomalías climáticas en las regiones tropicales y extratropicales, cuya ocurrencia parece asociada con ENOS. Glantz⁵ sugiere que estas anomalías pueden estar correlacionadas o ligadas a ENOS, es decir, existen "teleconexiones" entre éstas y el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur.

El término teleconexiones fue usado por primera vez por el climatólogo Angstrom en 1935, en una publicación en torno a teleconexiones relacionadas con el mecanismo de oscilación de presiones atmosféricas que en adelante se conocería como Oscilación

Teleconexiones son las conexiones existentes entre anomalías en el estado del tiempo en regiones distantes, aparentemente desligadas entre sí.

del Atlántico Norte. Glantz define teleconexiones como las conexiones existentes entre anomalías en el estado del tiempo en regiones distantes, aparentemente desligadas entre sí, y que se identifican a través del surgimiento de procesos geofísicos, a través de correlaciones estadísticas (espaciales y temporales) y a través de manifestaciones físicas como ondas.

Objetivos de la investigación de teleconexiones

El estudio de teleconexiones ha seguido un curso cíclico. Se inició a principios de siglo con múltiples contribuciones científicas, seguido por un periodo de escepticismo entre los años 40 y 50, y con un resurgimiento reciente, tal vez motivado por los trabajos de Bjerknes².

La investigación de teleconexiones en un principio se concentró en establecer relaciones entre el estado del tiempo en puntos distantes de la Tierra, con el propósito de hacer predicciones meteorológicas; en particular se trataba de pronosticar el monzón de la India^{9, 11}. Igualmente, se buscó obtener una mejor comprensión entre las relaciones físicas y procesos atmosféricos mediante el uso de métodos empíricos.

Hoy, las metas de los estudios de teleconexiones se diferencian poco de los objetivos originales antes citados. Múltiples programas de carácter regional y global enfocan como concepto central la obtención de una comprensión mejor de los mecanismos y procesos de interacción océano-atmósfera. Como señalan Brown y Katz³, el objetivo principal del programa TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere), patrocinado por la OMM (Organización Meteorológica Mundial) y los gobiernos de varias naciones, es "describir los océanos tropicales y la atmósfera global como un sistema dependiente del tiempo, con

el propósito de determinar hasta qué punto este sistema es predecible en escalas temporales de meses a años, y de comprender los mecanismos y procesos que fundamentan su predictibilidad". Los programas contemporáneos de investigación, tales como TOGA, hacen especial énfasis en la necesidad de combinar el estudio de la física de los procesos relacionados y la deducción empírica.

Teorías dinámicas

Al discutir el papel de los procesos hidrológicos en la interacción del océano y la atmósfera, Webster¹³ señala la existencia de tres teorías dinámicas de teleconexiones.

1. La Teoría del Ducto Occidental, considera la migración ecuatorial de ondas rotacionales extratropicales a través de regiones ecuatoriales que existen en el flujo básico de evolución lenta. Esta teoría explica el mecanismo mediante el cual las ondas estacionarias y transeúntes de un hemisferio influyen en el otro hemisferio.
2. La Teoría del Tren de Ondas, explica la relación existente entre las perturbaciones anómalas en los campos de presión a la altura de las regiones extratropicales y el calentamiento excesivo que ocurre en los trópicos durante un evento ENOS. Esta teoría indica que un tren de ondas emana de la región de calentamiento anómalo llevando consigo esta señal hacia latitudes medias.
3. La Teoría de Acumulación/Emanación de Energía de Ondas, sugiere que las distorsiones transeúntes producidas por convección sobre los cálidos océanos en los trópicos producen modos (ondas) ecuatoriales confinados que se propagan a lo largo del ecuador alejándose de la fuente de energía. Con esta teoría se pretende explicar la variabilidad interanual observada en la región extratropical.

Teleconexiones en el marco global

Los primeros estudios documentados de teleconexiones estaban orientados hacia el establecimiento de relaciones entre el régimen de lluvias observado durante el monzón en la India y El Niño en el Pacífico Sureste tropical¹². Durante eventos ENOS, la redis-

tribución de las precipitaciones en la zona tropical altera el patrón de calentamiento que orienta la circulación global atmosférica y oceánica. Las observaciones demuestran que la circulación monzónica se debilita produciéndose déficit de lluvias en periodos ENOS. Estos estudios han continuado, comprobándose la relación existente entre el régimen monzónico y los indicadores de presión de la Oscilación del Sur así como las temperaturas de la superficie del Pacífico Este. Trabajos recientes demuestran exceso de precipitaciones en la India durante los episodios opuestos a ENOS, conocidos como "Eventos Fríos", "Anti-Niño" o "La Niña". En el Pacífico Este, tales eventos se caracterizan por una disminución anormal de las temperaturas de superficie.

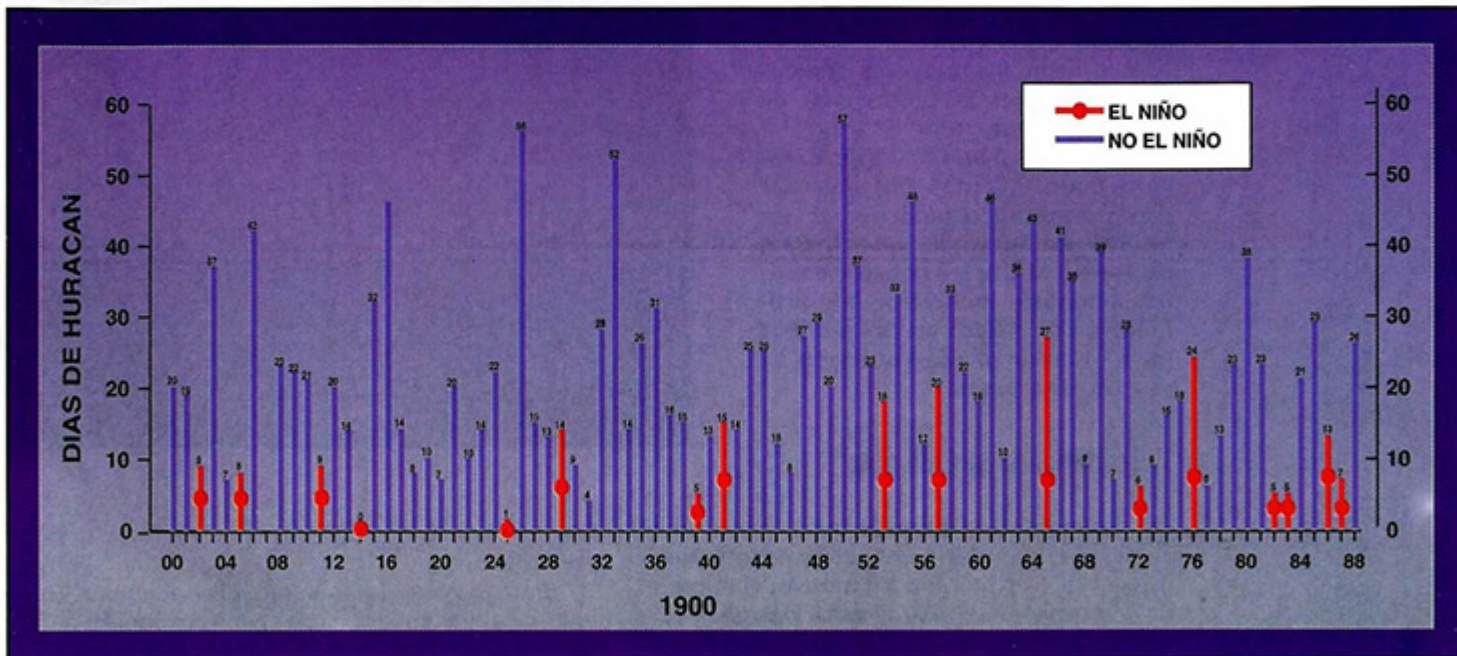
En la actualidad, una de las investigaciones en este campo que ha rendido resultados atractivos es aquella que establece la existencia de teleconexiones entre ENOS y la actividad de tormentas tropicales en el Atlántico Norte. Gray y Sheaffer⁶ presentan argumentos geofísicos para demostrar que en los años en que se registran eventos ENOS, el desarrollo de tormentas tropicales que alcanzan la categoría de huracán se ve altamente reducido en la región del Caribe y en el Golfo de México (**figura 2**). Las tensiones de corte

excesivas producidas a la altura de la troposfera por los vientos del oeste, que resultan del aumento de los procesos de convección durante ENOS, no sólo inhiben la evolución de huracanes sino que inciden en el desvío hacia el este de aquellos que logran madurar.

En un contexto más amplio, el evento ENOS se ha asociado no sólo con cambios en las condiciones hidrometeorológicas como las sequías en la India, Filipinas, noreste de Brasil, Bolivia, Perú y Ecuador; los inviernos cálidos en Europa Oriental y en el oeste de Canadá o los veranos frescos en el noreste de China, sino que también se ha correlacionado con brotes de encefalitis en el norte de Estados Unidos, con la incidencia de ciertas epidemias en América del Sur y Australia, y con el incremento de plagas en el oeste de Norteamérica.

No todas las teleconexiones tienen una base científica sólida. Sin embargo, es posible argumentar que las anomalías en el estado del tiempo asociadas con ENOS pueden motivar cambios ambientales que a su vez ocasionan alteraciones en las condiciones físicas y psíquicas de grupos humanos, en la salud de los animales, en la proliferación o eliminación de plagas, en el desarrollo de

Figura 2. Número de días al año en que se registraron huracanes durante el período 1900-1988. Las líneas rojas corresponden a años de El Niño. (Modificada de Gray y Sheaffer⁶, 1991)



**La costa del
Pacífico colombiana
se encuentra
en la zona de
influencia directa
de El Niño.**

plantas, en la productividad de peces o en su migración y, como consecuencia, al producirse alguna o varias de estas situaciones, la economía de las regiones afectadas puede ser impactada en forma positiva o negativa.

El interés en el estudio de las teleconexiones no es sólo científico. Las implicaciones económicas de los eventos asociados a ENOS cada día atraen más la atención de gobiernos en diferentes latitudes. Este

extremos, como el de 1982-1983, las fuertes lluvias produjeron inundaciones, derrumbes y erosión de la costa, afectando negativamente la actividad agrícola y comercial, lo que redundó en serias pérdidas económicas. Las características físicas del océano, especialmente la salinidad y la temperatura, también presentaron anomalías marcadas que incidieron en los ecosistemas marinos.

Paralelamente, se han observado teleconexiones en las costas del Caribe y en la Amazonia. Con base en el análisis de funciones empíricas octagonales, Lau y Sheu⁷ catalogaron a Colombia (Centro Litoral Caribe) y a la Amazonia como regiones de sequía tipo D3. Se define una región D3 como aquella en la que durante eventos ENOS se registran

creciente interés en la precisión de las teleconexiones se justifica con sólo hacer referencia a los ejemplos que siguen (figura 3). En relación con los eventos ENOS de 1982-1983, el 88% del noreste de Brasil sufrió sequías que afectaron a más de 14 millones de personas. La sequía en la India se extendió a un 37% de la tierra cultivable. En Indonesia, la falta de agua propició la expansión de una epidemia de cólera que, unida a la falta de alimentos causada por la disminución en la producción agrícola, ocasionó 340 fallecimientos en ese año. Contrario a estos sucesos, en el Golfo de México se presentaron los mayores índices registrados en la producción de camarón (figura 4).

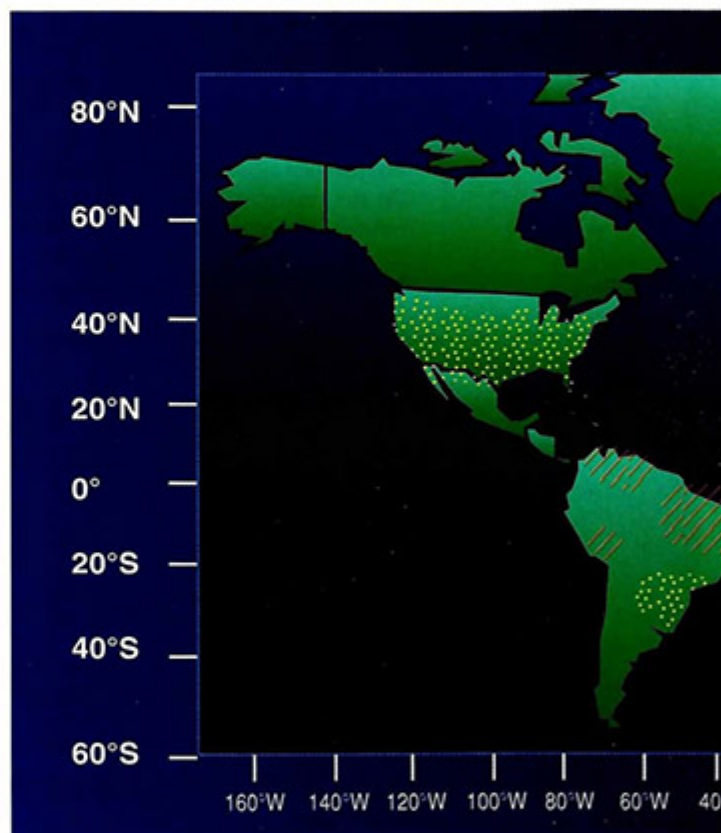
En la actualidad, adquirir mayores conocimientos sobre las teleconexiones ha dejado de ser un interés exclusivo de los círculos estatales. Múltiples consorcios internacionales incluyeron los pronósticos de ENOS en los análisis para orientar la programación de sus transacciones.

Teleconexiones en Colombia

Colombia es un país cuya costa en el Pacífico se encuentra en la zona de influencia directa de El Niño. Por tal motivo, el impacto de eventos ENOS se manifiesta a lo largo de esta región, con muchas lluvias. Durante eventos

fuertes variaciones (déficit) en el régimen de precipitaciones.

Para la Armada Nacional, el conocimiento de las teleconexiones en el marco climático y ambiental en las áreas marítimas jurisdiccio-



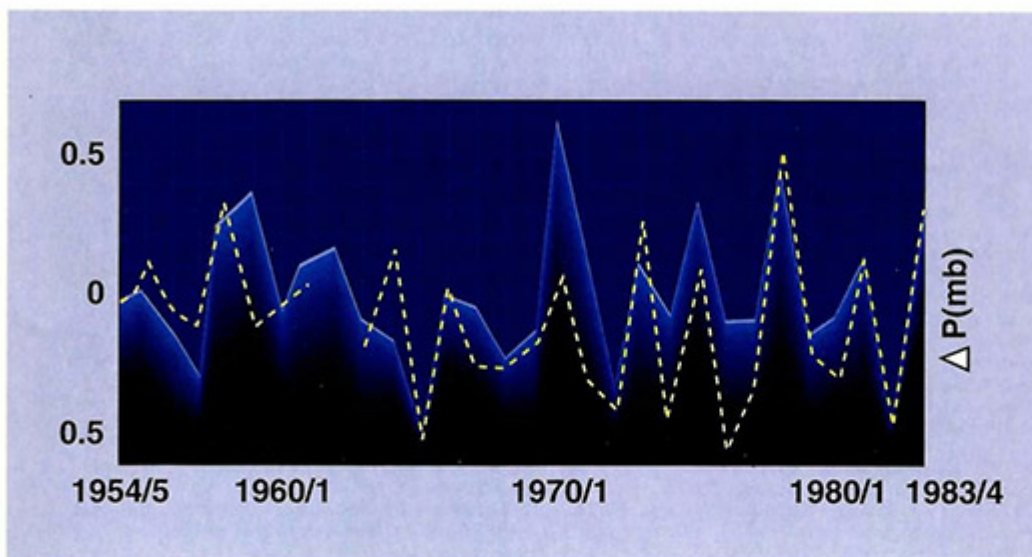


Figura 4.
Pesca de camarón
en el oeste del
Golfo de México.
(Fuente: Glantz,
et al., 1991)

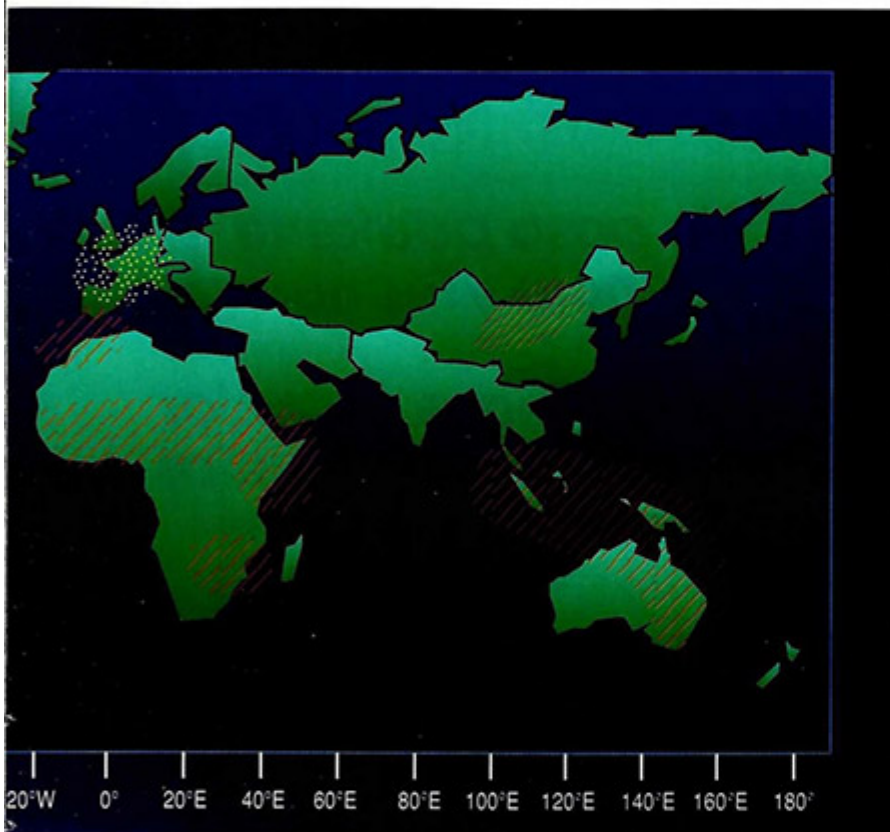


Figura 3.
Identificación de zonas de sequía (áreas rayadas)
y de inundación (áreas punteadas) asociadas
con el evento ENOS 1982-1983.

nales podría contribuir a mejorar la predicción de las condiciones meteorológicas y oceanográficas, con el fin de ayudar a optimizar la operación de las unidades navales.

Conclusiones generales

La aplicación de métodos estadísticos ha sido una herramienta valiosa para el establecimiento y descripción de teleconexiones. La disponibilidad cada vez mayor de datos de calidad, incluyendo observaciones de satélite, permite la utilización de éstos para verificar las relaciones establecidas en forma empírica. En la investigación de teleconexiones se requiere dedicar un esfuerzo considerable al estudio de los procesos físicos que pudieran incidir en los fenómenos relacionados.

En Colombia se han detectado teleconexiones como resultado de estudios regionales y globales; algunas de éstas requieren una sustentación científica más completa. Para la Armada Nacional, la consideración de teleconexiones en los procesos de formulación de pronósticos meteorológicos podría ampliar la capacidad de predicción de la estructura y el comportamiento de la atmósfera y el mar.

Bibliografía

1. **Angstrom A:** *Teleconnections of Climate Changes in Present Time.* *Geografiska* 17: 242-258, 1935.
2. **Bjerknes J:** *Atmospheric Teleconnections from the Tropical Pacific.* *Monthly Weath Rev* 97: 103-172, 1969.
3. **Brown BG, Katz RW:** *Use of Statistical Methods in the Search for Teleconnections: Past, Present and Future.* En: *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies.* Editado por Glantz, et al., Cambridge University Press, pp. 371-400, 1991.
4. **Enfield DB:** *El Niño, Past and Present.* *Rev of Geophys* 27(2): 159-187, 1989.
5. **Glantz MH, Katz RW, Nicholls N (Eds):** *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies.* Cambridge University Press, 1991.
6. **Gray WM, Sheaffer JD:** *El Niño and QBO influences on Tropical Cyclone Activity.* En: *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies.* Editado por Glantz, et al., Cambridge University Press, pp. 257-284, 1991.
7. **Lau KM, Sheu PJ:** *Teleconnections in Global Rainfall Anomalies: Seasonal and Interdecadal Time Scales.* En: *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies.* Editado por Glantz, et al., Cambridge University Press, pp. 227-256, 1991.
8. **Murphy RC:** *Oceanic and Climatic Phenomena along the West Coast of South America during 1925.* *Geogr Rev* 16: 26-54, 1925.
9. **Normand CWB:** *Some Problems of Modern Meteorology, N° 6, Present Position of Seasonal Weather Forecasting.* *Quat Jour of The Royal Met Soc* 58: 3-10, 1932.
10. **Quinn WH, Neal VT, Atunéz de Mayolo S:** *El Niño occurrences over the past and a half centuries.* *J Geophys Res* 92: 14,449-14,461, 1987.
11. **Walker GT:** *Correlations in Seasonal Variations of Weather, II. On the Probable Error of a Coefficient of Correlation with a Group of Factors.* *Memoirs of the Indian Meteorological Dept* 21(II): 22-45, 1910.
12. **Walker GT:** *Correlations in Seasonal Variations of Weather, IX. Applications to Seasonal Forecasting in India.* *Memoirs of the Indian Meteorological Dept* 24: 333-345, 1924.
13. **Webster PJ:** *The Role of Hydrological Processes in Ocean-Atmosphere Interaction.* *Proceedings of US-PRC International TOGA Symposium, 1988.* China Ocean Press, 1990.
14. **World Climate Research Programme:** *Scientific Plan for the Tropical Ocean and Global Atmosphere Programme.* Publ Series N° 3, 1985.

Un paso adelante en Ciencia y Tecnología

Suscríbase al mejor aliado de sus estudios e investigaciones

Innovación y Ciencia

Todo lo que usted quería saber para estar adelante



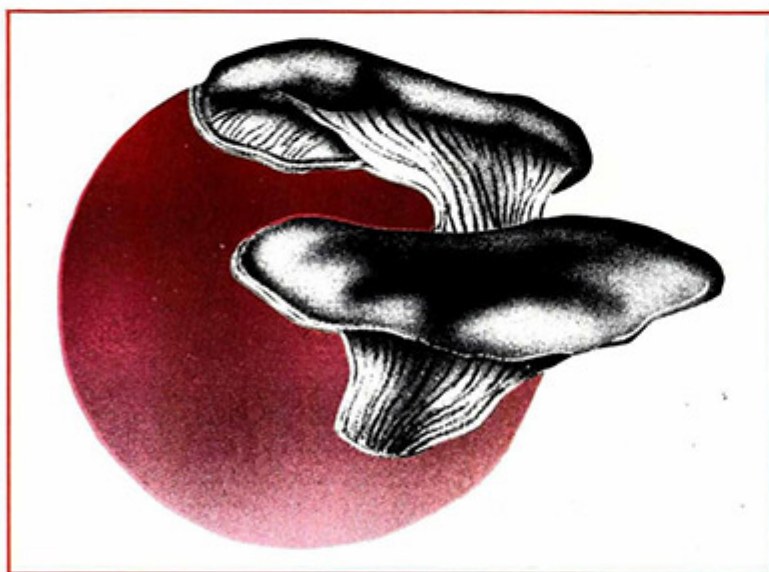
ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS, ¡UTILICELOS!

Correo ordinario
Correo certificado
Certificado especial
Encomiendas aseguradas
Encomiendas contra reembolso
Cartas aseguradas
Filatelia
Giros
Electrónico burofax
Internacional APR/SAL
"Corra"
Respuesta comercial
Tarifa Postal Reducida
Especiales

Teléfonos para quejas y reclamos: 334 0304 - 341 5536, Bogotá
CUENTE CON NOSOTROS Hay que creer en los Correos de Colombia

*Es una Revista Científica de carácter general
dirigida a un público culto.*

*Interciencia está consagrada a estimular la investigación
científica, su uso humanitario y el estudio de su contexto
social, especialmente en América Latina y el Caribe, así
como a fomentar la comunicación entre las comunidades
científicas y tecnológicas de América.*



PIRB

**PROGRAMA INTERCIENCIA DE
RECURSOS BIOLÓGICOS NUEVOS**

Programa inspirado en las perspectivas de los recursos naturales de origen vegetal y animal, potenciados con las inmensas posibilidades que ofrecen la biotecnología, la etnofarmacología, la fitoquímica y la zootecnia, entre otros para ser utilizados como fuentes de alimentos, energía y materias primas para la industria.

Propuesta para un de desarrollo en ci

Eduardo Posada F.
Presidente A.C.A.C.
Nohora Elizabeth Hoyos T.
Directora Ejecutiva A.C.A.C.

Los planteamientos expuestos en este artículo comprometen únicamente a sus autores y no necesariamente expresan el pensamiento de la Junta Directiva de la A.C.A.C.

La ciencia y la tecnología constituyen los pilares sobre los cuales se está construyendo el mundo moderno. La búsqueda del conocimiento ha llevado a la humanidad a explorar la naturaleza hasta sus rincones más recónditos, desde lo infinitamente pequeño hasta la inmensidad del cosmos. En un tiempo increíblemente corto —menos de cuatro siglos— el hombre ha logrado desentrañar los misterios del átomo, describir el origen y la evolución del universo y comprender muchos de los misterios de la vida. Ese conocimiento es el que, a su turno, ha hecho posible el actual desarrollo tecnológico, gracias al cual la humanidad ha alcanzado el nivel que hoy posee. A pesar de los muchos problemas que aún enfrenta el hombre, parte de los cuales pueden estar ligados al hecho de que el progreso tecnológico no ha ido acompañado de un adecuado desarrollo moral, sería totalmente ilógico pensar que un país pueda sobrevivir en el mundo actual y ofrecer a sus ciudadanos condiciones de vida dignas, sin el respaldo de una sólida base científica y tecnológica.

Es, pues, indispensable que un país como Colombia, que tiene un inmenso potencial de desarrollo tanto por sus riquezas naturales como por la calidad de sus gentes, tome conciencia de que su progreso no podrá lograrse de manera exitosa si no va acompañado de una decisión política al más alto nivel del Estado, que reconozca a la ciencia y a la tecnología como verdaderas prioridades nacionales.

Plan colombiano de ciencia y tecnología

Los últimos gobiernos, con el apoyo de la comunidad científica, han adelantado esfuerzos en esa dirección, entre los cuales podemos destacar la obtención de los créditos del BID para el Icfes y para Colciencias, que sirvieron para iniciar de una manera sistemática y ordenada la financiación de proyectos de investigación básica y aplicada; la declaración del Año de la Ciencia y la Tecnología, la creación de la Misión de Ciencia y Tecnología, la promulgación de la ley 29 para el fomento de la ciencia y la tecnología y la inclusión de varios artículos relativos al tema en la nueva Constitución Nacional. Gracias a esas iniciativas y en particular a la ley

Sería totalmente ilógico pensar que un país pueda sobrevivir en el mundo actual y ofrecer a sus ciudadanos condiciones de vida dignas, sin el respaldo de una sólida base científica y tecnológica.

29, fue posible lograr un avance considerable en los aspectos institucional, financiero y administrativo. Es así como se estableció el sistema nacional de ciencia y tecnología, centrado en once programas que cubren todas las ramas del saber, se fortaleció a Colciencias, convirtiéndolo en instituto descentralizado adscrito al Departamento Nacional de Planeación, y se incorporaron por primera vez al presupuesto nacional importantes recursos para desarrollo tecnológico, gracias a los cuales se pudieron crear numerosas instituciones de investigación, bajo la figura, también nacida de la ley 29, de corporaciones mixtas, con participación gubernamental y privada.

A pesar de estos avances notables, fruto de esfuerzos que es preciso reconocer, la situación de Colombia en esos campos dista mucho de la que reina en los más avanzados de los países en vías de desarrollo y está evidentemente muy lejos de la de cualquier país

industrializado. Ese atraso científico y tecnológico incide en los indicadores económicos clásicos, como el ingreso per cápita, que si bien se ha incrementado un poco en los últimos años, sigue siendo uno de los más bajos del continente, detrás de Argentina, Brasil, México o Venezuela. Medida de esta situación es el 0.4% del Producto Interno Bruto que nuestro país dedica a ciencia y tecnología (notable después del vergonzoso 0.1% de hace 10 años), mientras que Brasil, Argentina o México se acercan al 1% y los países industrializados se sitúan entre el 2% y el 4%. De especial interés entre los países de reciente industrialización es el caso de Corea del Sur, que logró, en apenas 25 años, pasar de país agrícola, mucho menos desarrollado que Colombia en ese entonces, a potencia tecnológica mundial, incrementando su ingreso per cápita desde los 200 dólares que tenía en 1965 hasta cerca de 5000 en 1993, todo ello gracias a acertadas políticas económicas y a una enorme inversión en ciencia, tecnología y educación.

Otros indicadores de desarrollo tecnológico, que tradicionalmente se usan para medir la creatividad de un país, tales como el número de patentes, el de publicaciones científicas y técnicas en revistas internacionales o el número de investigadores activos, tienen en Colombia valores lamentables, muy inferiores a la media latinoamericana, que a su vez es ridícula si se la compara con las cifras de los países industrializados.

El proceso de apertura de la economía emprendido por el Gobierno hace tres años, está obligando a la industria nacional a competir con calidad y precio, es decir, con eficiencia, con productos importados de todos los rincones del planeta. Este sector debe igualmente enfrentarse a la marcada revaluación del peso que el Gobierno ha venido impulsando para fomentar la repatriación de capitales y atraer la inversión extranjera, que contribuye además a abaratar los costos de los productos importados y por ende a la lucha contra la inflación.

La única manera de garantizar esa indispensable competitividad, es la de emprender una acelerada modernización de todo el sector productivo, que se base en la masiva introducción de tecnologías actualizadas y en el fomento a la creación de tecnología nacional. Todos los esfuerzos deberán orientarse hacia el incremento del valor agregado de nuestros productos, buscando que tengan un contenido

tecnológico cada vez mayor. Esa transformación del sector productivo requiere, para ser exitosa, una gran reforma educativa a todos los niveles y un equilibrado apoyo a las ciencias básicas.

Disponemos de valiosas herramientas para ello, gracias a la legislación específica para el sector, a los artículos relativos a ese tema que aparecen en la nueva Constitución y a los importantes recursos que se espera recibir próximamente de los promisorios yacimientos petrolíferos de Cusiana. Sería imperdonable no aprovechar esta oportunidad única para el establecimiento de una base auténticamente sólida para el progreso nacional. A continuación resumimos algunas de las acciones que a nuestro juicio deberían emprenderse con tal fin.

Estrategias globales

- Decisión política al más alto nivel para apoyar la ciencia y la tecnología como factores prioritarios para el desarrollo del país.

- Consolidación del **Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología** y adscripción de la entidad responsable al más alto nivel de toma de decisiones (posibilidad de creación de un Ministerio de Ciencia y Tecnología y/o de una secretaría presidencial para el sector).

- Incremento de la financiación para la ciencia y la tecnología, hasta alcanzar por lo menos el 2% del Producto Interno Bruto, buscando los mecanismos para que la mayor parte de esos fondos sean aportados por el presupuesto nacional y por el sector productivo y no por empréstitos internacionales.

- Desarrollo y consolidación de la legislación para ciencia y tecnología, mediante la reglamentación de la ley 29 y la

promulgación de nuevas leyes, basadas en la nueva Constitución Nacional.

- Fomento a la investigación básica en ciencias naturales y en ciencias sociales, como contribución al acervo cultural de la humanidad.

- Fomento a la investigación aplicada y a la transferencia de tecnología, con énfasis en los sectores en los cuales el país pueda ser más competitivo, tales como la biotecnología, los nuevos materiales o la informática.

- Reforma de la educación formal en todos los niveles.

- Establecimiento de un programa nacional de popularización de la ciencia, que ponga al mismo nivel de la educación formal a la educación no formal y a la educación informal.

Acciones específicas

1. Educación

• 1.1 En educación escolar formal

- Revisión y actualización de los programas de enseñanza de las ciencias.
- Creación y dotación de laboratorios de ciencias.
- Fomento a la producción nacional de material didáctico y divulgativo.
- Creación de un sistema de capacitación y de estímulos a los maestros de ciencias (actualización, participación en eventos, acceso a publicaciones, premios, bonificaciones, etc.).
- Producción de publicaciones especializadas para el sector.
- Actualización de los programas de las carreras docentes en la universidad.
- Establecimiento de programas de estímulos a la creatividad.

• 1.2 A nivel universitario y de carreras tecnológicas

- Revisión de los programas en carreras de ciencias e ingenierías.
- Inclusión de nociones de ciencias y tecnología en carreras no científicas.
- Creación de incentivos para que los profesores hagan investigación: descarga académica, participación en eventos científicos, facilidad para la publicación de resultados, bonificaciones salariales, participación en patentes, oportunidades de capacitación, etc.
- Consolidación de los programas de postgrado basados en

investigación, con énfasis en los doctorados y postdoctorados en todas las áreas.

- Implementación de estrategias en las carreras de ingeniería para estimular la creatividad mediante proyectos concretos con aplicación en el sector productivo.
- Refuerzo a la infraestructura y dotación de laboratorios de docencia en equipos e insumos, creación de plantas piloto, talleres, etc.

• 1.3 Educación no formal

- Establecimiento de programas masivos de divulgación y popularización científica a través de la creación de revistas de divulgación, programas de televisión y radio, secciones especializadas en los periódicos, organización de ferias y exposiciones, creación de museos interactivos y centros de ciencias, organización de conferencias de divulgación, formación de especialistas en divulgación científica, etc.
- Organización de actividades científicas infantiles y juveniles extraescolares tales como pasantías científicas, clubes de ciencias, ferias de la ciencia, olimpiadas, concursos, conferencias, publicaciones especializadas, colaboración con científicos de renombre, etc.

2. Investigación

- Apoyo a la investigación básica como actividad digna de ser apoyada para contribuir al proceso de creación de conocimiento de la humanidad, sin poner como requisito la aplicabilidad a corto plazo de los resultados. Un énfasis particular debe darse a las ciencias sociales, tan poco estimuladas en nuestro medio.

- Establecimiento de programas de estímulos a los investigadores, a través del otorgamiento de bonificaciones salariales, premios, pasantías, asistencia a congresos internacionales, financiación de proyectos de investigación, etc.
- Desarrollo de mecanismos administrativos ágiles y eficientes para la evaluación, financiación y ejecución de proyectos.
- Establecimiento de bibliotecas, hemerotecas, servicios de información computarizada que permitan el acceso a bases de datos internacionales, etc.

3. Sector productivo: dos propuestas

- Establecimiento de un programa de formación de investigadores a nivel de doctorado en todas las áreas del conocimiento, similar a lo que han hecho hasta ahora el Ictex, Colciencias y Colfuturo, pero a una escala mayor, fijando como meta capacitar a 5000 investigadores en los próximos cuatro años, tanto en el país como en el exterior. Esta propuesta podría llevarse a cabo con un presupuesto anual de menos de 100 millones de dólares, muy al alcance de lo que se podría realizar con los recursos de Cusiana. Programas similares se han desarrollado con gran éxito en Corea, en China, etc.
Creación de una serie de institutos y centros de investigación básica y aplicada, estrechamente ligados a la universidad pero administrativamente independientes y con participación del sector privado, tal como lo han hecho numerosos países, entre ellos Corea. Entre las entidades

más importantes se pueden sugerir las siguientes: Centro de Investigaciones Avanzadas, Centro de Investigaciones en Electrónica, Instrumentación y Control Automático, Centro de Desarrollo de Software, Centro de Investigaciones en Biotecnología, Centro de Investigaciones en Geociencias, Centro de Investigaciones en Ciencia de Materiales, Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos, Centro de Investigaciones Ambientales, Centro de Investigaciones en Educación, Centro de Investigaciones Sociales, Centro de Investigaciones en Energía, Red Nacional de Entidades Dedicadas a la Popularización de la Ciencia y la Tecnología, Red de Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica.

Varias de estas entidades podrían resultar de la modernización de entidades existentes, y calculando una inversión inicial promedio de unos 8 millones de dólares podrían crearse con menos de 100 millones de dólares y mantenerse funcionando adecuadamente con unos 60 millones de dólares anuales.

La anterior propuesta representa una inversión mínima comparada con los resultados que se alcanzarían en beneficio de nuestro país. Adicionalmente, la coyuntura económica y política actual brinda las mejores herramientas para garantizar el éxito de esta iniciativa. El gobernante que tome una decisión acertada al respecto estará trazando el mejor camino para los colombianos.

•••••

Noticias A.C.A.C.

X Convención Científica Nacional

“Ciencia, tecnología y medio ambiente”

La Décima Convención se llevará a cabo el próximo mes de octubre, en Manizales, con los siguientes objetivos:

- Analizar la relación entre la ciencia, la tecnología, nuestros ecosistemas y la calidad ambiental.
- Examinar la relación entre los diferentes sectores socioeconómicos y el medio ambiente.
- Profundizar en temas de importancia creciente en la relación ciencia, tecnología y medio ambiente: economía, ética ambiental, legislación ambiental, ciencia ambiental, tecnología ambiental, Estado y medio ambiente.
- Proponer políticas y proyectos específicos a nivel nacional y regional que permitan avanzar hacia el desarrollo sostenible.

En el Programa Académico se han previsto sesiones simultáneas especializadas sobre temas como minería, energía, agricultura, vías y transporte, clima y ordenamiento territorial; presenta-

ciones orales sobre temas como salud y ambiente, industria, fisicoquímica, medio ambiente y educación ambiental; y ponencias centrales: **Río 92 Agenda XXI**, Kenton Miller, director del World Research Institute, Suiza, y Manuel Rodríguez, Ministerio del Medio Ambiente; **Desarrollo y medio ambiente**, Carlos Arturo Angel, ANDI, y Armando Samper Gnecco; **Biodiversidad, biotecnología y propiedad intelectual**, Ernesto Medina, IVIC - Venezuela; Jorge Hernández Camacho, Indereña; Néstor Raúl Sori y Leslie Holdridge, Asociación Pro-Biología Tropical - Costa Rica; **Participación ciudadana**, Margarita Marino de Botero, Colegio Verde de Villa de Leyva, y Alberto Galán, Ecofondo.

La Convención concluirá con visitas a Cenicafé y a la fábrica de café liofilizado de la Federación Nacional de Cafeteros, en Chinchiná, Caldas.

Encuentro con el Futuro 1994

- Abril 9: **Reto ambiental de Colombia**, Carlos Fonseca, decano Ing. Ambiental y Sanitaria, U. de la Salle.
- Abril 16: **El uso de la biotecnología en el mejoramiento de las plantas**, Myriam de Peña, investigadora científica, LIQC.
- Abril 23: **¿Investigador o profesional?**, Clemente Forero, director, Colciencias.
- Abril 30: **Perspectivas de la física médica en Colombia**, María Cristina Plazas, Dpto. de Física, U.N.
- Mayo 7: **¿Por qué es tan aburrida la Tabla Periódica?**, José Luis Villaveces, subdirector, Colciencias.
- Mayo 14: **El origen de la vida**, Carlos Corredor, decano de Ciencias, U. Javeriana.
- Mayo 21: **El cáncer: presente y futuro**, Oscar Orozco, jefe Dpto. de Inmunología, Instituto Nacional de Cancerología.
- Mayo 28: **Otros mundos - otras culturas**, Guillermo Páramo, rector, Universidad Nacional.
- Junio 4: **Neurología: un cerebro colombiano en los Estados Unidos**, Rodolfo Llinás, Dpto. de Neurofisiología, U. de N.Y.
- Junio 11: **Energía nuclear para el futuro**, Jaime Ahumada, director, INEA.

ACTIVIDADES ACADÉMICAS

Desde Marzo 5	Encuentro con el Futuro (todos los sábados) - A.C.A.C. - Conferencia abierta al público	Bogotá
Abril 28	Taller sobre Enseñanza de la física moderna - A.C.A.C. - MEN	Bogotá
Mayo 4 al 6	Curso Negociación de tecnología - A.C.A.C. - TECNOS	Bogotá
Mayo 12 al 14	Curso Extracción de aceites esenciales - A.C.A.C. - PIRB	B/manga
Mayo 26 y 27	Curso Periodismo científico - A.C.A.C. - IECO	Bogotá
Junio 1 al 4	Curso Zoocria de reptiles promisorios - A.C.A.C. - PIRB	Bogotá
Julio 27 al 29	I Simposio sobre Errores innatos del metabolismo - U. Javeriana, U. de los Andes, A.C.A.C.	Bogotá
Agosto 3 al 5	Curso Relaciones Universidad - Empresa - A.C.A.C. - TECNOS	Bogotá
Agosto 19 al 21	Seminario Internacional sobre Caracolicultura - A.C.A.C. - PIRB	Rionegro
Agosto 24 al 26	Curso Propiedad industrial - A.C.A.C. - TECNOS	Bogotá
Septiembre 7 al 9	Curso Gestión tecnológica en la empresa - A.C.A.C. - TECNOS	Bogotá
Septiembre 10 y 17	Curso Metodología de la investigación - A.C.A.C.	Bogotá
Octubre 5	Premio Nacional al Mérito Científico - A.C.A.C.	Manizales
Octubre 5 al 7	X Convención Científica Nacional - A.C.A.C.	Manizales
Octubre 18 al 21	Curso Herramientas de navegación por Internet - A.C.A.C.	Bogotá
Octubre 22 y 29	Taller sobre Metodología de la enseñanza de la biología - ACAC-EPE	Bogotá
Octubre 25	Taller sobre la Enseñanza de la física moderna - A.C.A.C. - MEN	Bogotá
Noviembre 3 al 5	Curso Cultivo de hongos promisorios - A.C.A.C. - PIRB	Chinchiná
Noviembre 11 y 12	Taller Enseñanza de la ciencia en torno al proyecto - ACAC-EPE	Bogotá
Noviembre	Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial A.C.A.C. - TECNOS	Bogotá

El Capítulo Caldas de la ACAC

El Capítulo de Caldas de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, A.C.A.C., reunió trabajos de investigación realizados en las universidades de Caldas y Católica de Caldas, que fueron presentados en la muestra de Expociencia 93.

Entre las facultades representadas en los proyectos se destacaron las de Agronomía, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Educación, Bellas Artes, Enfermería, Medicina y Desarrollo Familiar de la Universidad de Caldas y las facultades de Administración Turística y de Bacteriología, y la Decanatura de Investigaciones de la Universidad Católica.

La A.C.A.C. cuenta con representaciones regionales en los departamentos de Caldas, Córdoba y Risaralda, y espera próximamente cubrir su campo de acción en todo el país, con el propósito de impulsar los objetivos de la Asociación, entre ellos el fomento de la unidad de la comunidad científica nacional y el fomento de actividades científicas y tecnológicas en las regiones para que se conviertan en factores de desarrollo. Los capítulos tienen la función de mejorar los canales de comunicación entre las regiones y el nivel nacional.

Dentro de las actividades programadas para este año, el Capítulo Caldas organiza actualmente la X Convención Científica Nacional que tendrá lugar en Manizales los días 5, 6 y 7 de octubre.

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia organizó Expociencia Juvenil, exposición científica, tecnológica y artística, con presentación de trabajos juveniles de las diferentes instituciones educativas del país.

Este evento se hizo posible gracias a instituciones tanto educativas como fundaciones sin ánimo de lucro, empresas privadas, docentes y estudiantes, que apoyan y se preocupan por el desarrollo del joven colombiano.

A todos ellos, que nos han acompañado en esta maravillosa tarea, les damos nuestros más grandes reconocimientos y nuevamente gracias por creer en ellos.

A continuación enumeramos algunos de ellos.

Personas y entidades que participaron en el Comité Asesor de Actividades Científicas Juveniles:

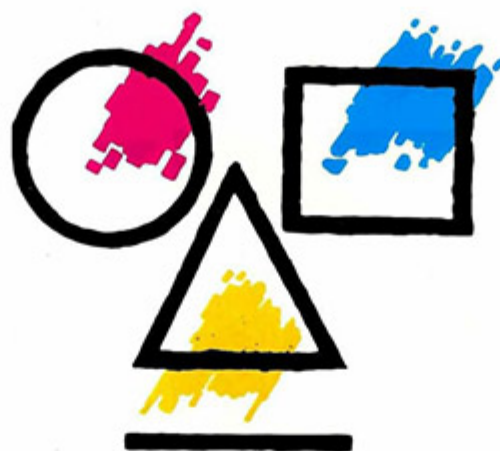
Germán Guerrero - Gimnasio Moderno
Dino Segura y Arcelio Velazco - Escuela Pedagógica Experimental
Raquel Frías - Colegio de la Contraloría
Enrique Olaya - OFEC
María Teresa Mantilla y Jesús Naspirán - Ministerio de Educación
Margarita Mesa - Universidad de los Andes
Bernardo Ríos - Instituto Francisco José de Caldas

Entidades que nos dieron su apoyo

Ministerio de Educación
Secretaría de Educación de Santafé de Bogotá
Fundación Restrepo Barco
Banco Ganadero
Alpina
Café Aguila Roja
Editorial Norma
Frisby
Carrocerías El Sol
Donucol

Entidades que colaboraron en la coordinación

Escuela Pedagógica Experimental
Instituto Francisco José de Caldas
INEM Santiago Pérez
Unidad Básica Rafael Uribe Uribe
Liceo Segovia
Colegio Lisa Meitner
Claustro Moderno
Gimnasio Británico



EXPO CIENCIA

1 9 9 5

Hay que ir!

Septiembre 28 - Octubre 8



CORFERIAS Lo hace posible



ASOCIACION COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Tels.: 221 3313 / 221 6769 / 221 7348 / Fax 221 6950
A.A. 92581 Bogotá - Colombia



Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

Categoría: Mediana Empresa

VECOL S.A.

Reseña histórica

En 1953, tres años después de presentarse por primera vez en Colombia un brote de fiebre aftosa, el Gobierno Nacional encomendó al Instituto Nacional de Higiene Samper Martínez la producción de la vacuna antiaftosa. A mediados del año 1954, y en vista de las dificultades de carácter administrativo y técnico que implicaba producir la vacuna en un laboratorio no especializado, se constituyó el Instituto Nacional Antiaftoso, como una entidad autónoma cuya función principal se centró en investigar y producir la vacuna para combatir esta enfermedad y controlar su propagación.

Con el ánimo de obtener mejores resultados en esta difícil tarea, en 1955 se celebró un contrato de asistencia técnica con el Instituto Zooprofiláctico de Brescia, Italia, para elaborar la vacuna mediante el proceso de Frenkel, el cual vino a representar un avance significativo ya que permitía desarrollar cultivos de virus en gran escala sobre lonjas de epitelios vivos procedentes de las lenguas de bovinos sacrificados.

En 1956, debido a la presencia de otras enfermedades, el Gobierno amplió los objetivos del Instituto y cambió su denominación por Instituto Zooprofiláctico Colombiano. Además de la producción de vacuna antiaftosa, se le asignó la misión de elaborar diferentes productos biológicos de uso veterinario y continuar investigando y controlando la salud pecuaria en el país.

En 1968 se presentó la reestructuración del sector agropecuario, que persiguió obtener una mejor distribución de las funciones administrativas del Ministerio de Agricultura, coordinar la política agraria por medio de un Consejo creado para tal fin y definir legalmente las categorías jurídicas de las entidades adscritas.

Como consecuencia de esta reforma, el Instituto Zooprofiláctico se convirtió en una empresa industrial y comercial del Estado y recibió el nombre de Empresa Colombiana de Productos Veterinarios Vecol, con personería jurídica, autonomía administrativa y capital independiente, que habría de dedicarse exclusivamente a la elaboración de productos biológicos y químico-farmacéuticos de uso veterinario.

Asimismo, se trasladaron al ICA los centros de diagnóstico y la sección de investigación y diagnóstico de enfermedades vesiculares, que venía administrando el Zooprofiláctico.

Gracias a la ley 5a. de 1973, la Empresa Colombiana de Productos



Figura 1. Sistema de cultivo estéril de semilla de virus.

**La tecnología
instalada en Vecol y la
capacidad profesional
de su recurso humano,
hacen de la empresa
un orgullo para la
industria veterinaria
y para el país.**

Veterinarios Vecol pasó a ser en 1974 una sociedad de economía mixta, pudiendo utilizar la denominación de sociedad anónima. Dicha ley representó la culminación de un proceso gradual de evolución de la organización legal de la entidad, que se inició como dependencia directa del Ministerio de Salud Pública y que al autorizarse la vinculación del capital privado logra su plena autonomía y por ende un manejo totalmente independiente. El 6 de agosto del mismo año se constituyó la Empresa Colombiana de Productos Veterinarios S.A. Vecol, median-

te escritura pública, y el primero de enero de 1975 adquiere su licencia de funcionamiento.

Actualmente Vecol constituye el laboratorio más completo en medicina preventiva en América Latina, ofreciendo a Colombia y a otros países la más completa línea de productos biológicos y farmacéuticos con máxima garantía de calidad.

La tecnología instalada en Vecol y la capacidad profesional de su recurso humano, hacen de la empresa un orgullo para la industria veterinaria y para el país.

La misión de Vecol

Vecol es una empresa colombiana de economía mixta, cuya función social está comprometida con el bienestar y desarrollo económico del país.

Para ello, Vecol investiga, produce y comercializa productos biológicos y farmacéuticos. Mantiene una devoción por la investigación científica y por el desarrollo tecnológico, consciente de su compromiso de innovar en el campo de la medicina preventiva. Este compromiso se traduce en la búsqueda permanente de una mayor eficiencia en la producción y mejor calidad en sus productos.

Vecol está comprometida con el programa de Calidad Total, como pilar del éxito empresarial, y lo



Figura 2. Evaluación de crecimiento de cultivos de células animales.

Figura 3. Centrifuga para procesos de purificación de la vacuna antiaftosa.



aplica activamente en todos los procesos administrativos, de investigación, producción y mercadeo. La política de precios está sustentada en la equidad, lo que significa ofrecer el máximo de calidad y eficiencia en sus productos, a precios justos.

En Vecol se trabaja con responsabilidad, para que los consumidores sientan satisfacción por los productos que compran y por tanto se constituyan en los mejores vendedores de la imagen y prestigio de la empresa.

Producción de la vacuna antiaftosa

La fiebre aftosa es tal vez la enfermedad que produce mayor impacto económico sobre la ganadería de los países en donde se manifiesta. Su presencia en Colom-

bia data de 1950, y desde entonces Vecol investiga continuamente para entregar al ganadero una solución cada vez mejor contra este flagelo.

Treinta y siete años de experiencia han llevado a Vecol a producir la vacuna mediante el más moderno sistema. La tecnología de que dispone permite la elaboración de vacunas bivalentes "O" y "A", con antígenos purificados, inactivados químicamente y adsorbidos en adyuvante oleoso, que brindan una inmunidad de seis meses en los animales.

La capacidad de producción es de más de 25 millones de dosis al año, con lo que se genera la totalidad de las dosis necesarias para inmunizar el ganado colombiano y además para exportar a otros países.

Vecol mantiene relaciones e intercambio científico y tecnológico con muchas organizaciones internacionales, entre ellas la Organización Panamericana de la Salud, la Fundación Rockefeller, el Instituto Pasteur, el Centro de Control de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC), los laboratorios Pirbright de Inglaterra, el Instituto Nacional de Salud de Holanda, el Centro de Investigación de Enfermedades Animales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos con sede en Ames, Iowa, el Laboratorio de Virología Animal de Argentina y otros centros de investigación y universidades tanto del país como del exterior.

El principal interés de Vecol ha sido trabajar en la medicina preventiva, por lo cual dedica grandes esfuerzos a la producción de vacunas y antígenos para las diferentes especies animales.

La elaboración de antígenos necesarios en la formulación de vacunas se logra mediante procesos de fermentación, cultivos en superficies sobre placas de agar, cultivos de células en suspensión, embriones libres de gérmenes y en animales de laboratorio.

Los cultivos de virus y bacterias son sometidos a rigurosos controles de proceso para garantizar su potencia, estabilidad y condiciones fisicoquímicas. Todo un complejo proceso se desarrolla hasta la obtención del producto final, que contempla, entre otros, la concentración, inactivación, envase, liofilización y terminado. Las cepas y metodología de producción provienen de centros internacionales de referencia y son objeto de permanente revisión, actualización y mejoramiento.

Vecol elabora productos biológicos para bovinos, equinos, aves, porcinos y caninos, que responden a necesidades de la salud animal en el país, como son la prevención de brucelosis, carbón bacteriano, carbón sintomático, septicemia hemorrágica, rabia canina y bovina, encefalomielititis equina, peste porcina, enfermedad de Newcastle, gumboro, enfermedad de Marek, viruela aviar, etc., y algunos antígenos para el diagnóstico de enfermedades.

Nueva tecnología, vacuna antiaftosa concentrada Aftogan 2 ml

A partir de 1987, en un esfuerzo por reducir las proteínas residuales provenientes de los cultivos celulares en suspensión, se adelantó un proyecto para desarrollar un sistema de purificación y concentración de la vacuna, y se logró obtener antígenos con un 90% menos de proteínas residuales por dosis. Con este método se pudo concentrar el virus en volúmenes más reducidos, permitiendo formular la vacuna antiaftosa con la misma cantidad de virus en 2 ml por dosis en vez de 5 ml como se utilizaba con la anterior vacuna. Este esfuerzo tecnológico fue reconocido con el Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial en 1991, otorgado por Colciencias, la Cámara de Comercio, la

Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia y la Fundación Tecnos.

El constante desarrollo y modernización de los sistemas de producción permite a Vecol presentar al mercado una vacuna oleosa concentrada y purificada en dosis de 2 ml, con las siguientes ventajas sobre las vacunas antiaftosas existentes hasta el momento.

- a. Facilita el manejo por menor volumen y vía de aplicación.
- b. Genera una protección eficaz contra los dos virus (A-O) causantes de fiebre aftosa en Colombia.
- c. Su aplicación subcutánea no compromete masas musculares.
- d. Disminuye las posibles reacciones postvacunales individuales debido a la purificación del virus.
- e. Reduce los costos por mayor comodidad en el transporte refrigerado, mayor facilidad en su almacenamiento y aplicación.
- f. Gracias a su concentración permite la combinación con otros antígenos como el de rabia y estomatitis vesicular, creando vacunas polivalentes.

Con el desarrollo de la vacuna antiaftosa concentrada y purificada se incrementó la productividad de la planta en aproximadamente un 300%. Esto ha permitido destinar la infraestructura que queda disponible a otros procesos productivos. Adicionalmente, se redujeron los costos de aplicación de la vacuna para el ganadero en aproximadamente un 30%, al igual que los costos de empaque, almacenamiento, transporte y distribución.

Al disminuir el esfuerzo necesario para la aplicación de la vacuna en el campo, se han incrementado las coberturas de vacunación en las áreas donde anteriormente se

iniciaban los brotes de la enfermedad, lo cual ha reducido notoriamente la presencia de la aftosa en el país, tanto que desde hace ocho años no se presentan brotes importantes de la enfermedad, con los consiguientes beneficios para la industria ganadera y para el país.

El desarrollo de la tecnología de producción de vacuna antiaftosa en adyuvante oleoso y ahora concentrada y purificada, ha abierto la posibilidad de aplicar dicha tecnología en diferentes procesos y mejorar así la calidad de otros productos de la empresa.

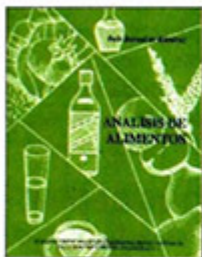
Otro proyecto significativo para Vecol es la producción de la vacuna antirrábica en un novedoso sistema de microportadores, que ha permitido incrementar cuatro veces la productividad de esta línea. Lo anterior, aunado a las mejoras en la calidad de la vacuna, ha permitido abrir mercados externos principalmente en países latinoamericanos y ha disminuido los costos de producción en más del 40% en los últimos dos años. Las mejoras logradas en estos procesos han beneficiado al país, dado que el control de la enfermedad con la vacunación de los animales evita o disminuye el riesgo de contaminación de la población humana por la rabia.

Complementariamente se han desarrollado innovaciones en el diseño, construcción y puesta en marcha de sistemas de filtración para productos intermedios y finales de varios productos biológicos y farmacéuticos. Estos sistemas han permitido obtener notables reducciones en el consumo de materias primas, ahorro de energía por disminución de los tiempos de procesos y menor consumo de otras fuentes de energía. Asimismo tales innovaciones han contribuido a mejorar la calidad de los productos intermedios, beneficiando a su vez el producto final.

• • • • •

Novedades editoriales

ANÁLISIS DE ALIMENTOS



Inés Bernal de Ramírez

Este libro está respaldado por más de 20 años frente a la cátedra de Análisis de Alimentos en Química Analítica, en el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, materia ésta que permite contribuir en una amplia perspectiva a la formación de los profesionales químicos, al brindarles la oportunidad de aplicar los fundamentos de la química analítica y fisicoquímica en la determinación de la calidad de una sustancia y combinar su práctica juzgando la muestra a la luz de las normas oficiales que rigen la comercialización y el uso de dichas materias primas o productos. El presente trabajo pretende sistematizar parte de la experiencia acumulada y está dirigido a satisfacer las necesidades de los estudiantes de química, farmacia, nutrición y demás personas que se ocupan en los laboratorios de análisis químico de alimentos.

LA CONQUISTA DE ESPACIOS PARA LA CIENCIA

Bases para un plan del Programa Nacional de Ciencias Básicas
CONOCIMIENTO Y COMPETITIVIDAD
Bases para un plan del Programa Nacional de Desarrollo Industrial, Tecnológico y Calidad



Colciencias

Estos libros son el fruto de uno de los más ricos experimentos de planeación participativa que se hayan realizado en Colombia y, en tal sentido, una valiosa contribución de la comunidad científica colombiana a la construcción de nuevas formas de interacción entre los ciudadanos.

A lo largo de 1992, más de 1400 personas entre investigadores, empresarios, invitados de otros países y funcionarios de las distintas ramas del Gobierno participaron en esta empresa. Se trataba de orientar las actividades de ciencia y tecnología del país y de comprometer las voluntades de nuestros investigadores alrededor de grandes propósitos nacionales.

LA COOPERACION MULTILATERAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA Y LOS SISTEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS PAISES DEL CONVENIO ANDRES BELLO



**Alvaro Campo Cabal,
Henry Yesid Bernal (Eds.)
Secab**

Los días 14 y 15 de junio de 1993 se dieron cita en Quito los presidentes, directores ejecutivos y delegados de los organismos nacionales de ciencia y tecnología, Oncyts, de los países del Convenio Andrés Bello, acogiendo la invitación que formularan el

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt, del Ecuador y la Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello, Secab. La agenda propuesta invitó a los Oncyts a conjugar sus quehaceres de cara al trabajo multilateral, desde la perspectiva de los programas en marcha y en la óptica de la proyección del trabajo mancomunado.

Los representantes de Conacyt-Bolivia, Colciencias-Colombia, Conacyt-Ecuador, Cicyt-España, Universidad de Panamá, Concytec-Perú, Conicit-Venezuela y la Secab, tradujeron su voluntad de articulación de esfuerzos en diez acuerdos.

En este libro se recogen las ponencias de los Oncyts, los acuerdos alcanzados y los documentos principales que circularon en el encuentro.

EL LIBRO DEL AGUA

Contraloría General de Antioquia

El destino y la perseverancia del hombre siempre han marchado por el borde de los ríos y sobre el lomo de las aguas. En ellas está el pasado, el presente y el futuro de la raza humana; en su estado más puro, todos los inmensos recursos que la naturaleza nos ha entregado para uso y administración.

Es virtual entonces que la fuerza, la belleza y la sabiduría del agua también vivifiquen la esperanza. Sólo que al revisar las cuentas del deterioro de los cuerpos de agua, tema central de este libro, tambalea esa esperanza. Su estado actual resume la quiebra del equilibrio ambiental, producto de su pésima administración. El derecho soberano que todo hombre tiene a bañarse en un río cristalino y a tomar de su agua pura, se ha menoscabado seriamente. A miles de colombianos ese derecho ya no les asiste, y otro tanto nunca lo ha tenido.

LA PREINVERSION EN COLOMBIA



Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo, Fonade

El desarrollo económico, social, tecnológico y ambiental de un país supone la realización de inversiones eficaces. Por tal motivo, las labores previas de planeación, toma de decisiones y asignación racional de los recursos constituyen herramientas indispensables para asegurar la adecuada selección y la ejecución exitosa de los proyectos.

Con el propósito de dimensionar y de caracterizar el mercado de la consultoría, Fonade contrató una investigación a mediados de 1991 con el Centro Nacional de Consultoría. Los objetivos específicos del trabajo fueron adelantar un censo de los estudios de preinversión elaborados en el quinquenio 1986-1990, establecer la estructura de costos y determinar el grado de satisfacción de quienes contrataron su elaboración.

Los resultados del trabajo ejecutado por el CNC, obtenidos a finales de 1992, se analizan en los seis capítulos iniciales del presente documento. Ellos integran un importante marco de referencia sobre los servicios de preinversión, a la vez que proporcionan información estratégica para las personas naturales y jurídicas que se desempeñan como oferentes, demandantes o financiadores.

SCIENCE AND TECHNOLOGY IN THE AMERICAS: Perspectives on Pan American Collaboration



**Edited by Jeffrey Stann
American Association
for the Advancement of Science**

Este documento es el resultado de una conferencia de científicos y autoridades responsables de países del hemisferio occidental, convocados en Washington por la American Association for the Advancement of Science (AAAS) en mayo de 1993, con el objeto de considerar las necesidades y oportunidades para la colaboración científica en las Américas. El documento contiene la evaluación y recomendaciones colectivas de los delegados, y propone un plan de acción inicial, el cual refleja la excelente disposición de las instituciones científicas no estatales del hemisferio a colaborar con los gobiernos y sectores industriales para el desarrollo y cooperación científicos en dicha región.

POLITICA Y ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGIA Y LA INNOVACION TECNOLOGICA EN BOLIVIA Conferencia Internacional

Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana

El Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB), con el patrocinio de la Organización Universitaria Interamericana (OUI) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), organizó la I Conferencia Internacional sobre Políticas y Estrategias para el Desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Tecnológica en Bolivia.

La conferencia tuvo como objetivo elaborar una propuesta para el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación tecnológica en Bolivia, que pueda ser adoptada en el país como instrumento que promueva la creación de capacidades nacionales para la generación, adaptación, difusión y utilización de conocimientos y que permita atender las demandas internas de orden social, así como brindar respuestas a los desafíos planteados por la necesidad de insertar el país en la economía mundial.

CIENCIA, EDUCACION SUPERIOR Y DESARROLLO EN AMERICA LATINA



Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo

En los últimos años se ha multiplicado notablemente la actividad científica en América Latina, así como las inversiones en ciencia y tecnología por parte de los gobiernos y de la empresa privada. Para analizar la situación de los países de América

Latina y el Caribe en cuanto a recursos humanos para la investigación, se inició en 1986 una serie de estudios para examinar los avances y problemas de cada país en la materia, que culminaron un año después con la organización de la Red de Recursos Humanos para la Investigación.

En 1989 se publicó un análisis detallado del tema: "Recursos humanos para la investigación en América Latina". Allí se comparó el estado de la ciencia en 1960 y en la actualidad, se examinó la información disponible en 12 países de la región, el financiamiento de la investigación y el nacimiento de las comunidades científicas en un contexto social heterogéneo y cambiante. Varios trabajos siguieron a estos primeros esfuerzos; este nuevo libro recoge la tercera generación de investigaciones de la red.

Thomas J. Watson Jr., quien dirigió a la IBM y a Estados Unidos dentro de la era de los computadores, murió en 1993, a la edad de 79 años.

El señor Watson se embarcó en una breve carrera de servicio público, después de su retiro de la presidencia de la junta directiva de la International Business Machines Corporation en 1971. Se volvió un apasionado defensor de la reducción de armas nucleares, y sirvió como embajador de los Estados Unidos en Moscú, durante la administración Carter, de 1978 a 1981.

"Tom Watson fue uno de los grandes líderes de negocios de nuestros tiempos, un brillante embajador en la Unión Soviética durante un período muy difícil, y un hombre maravilloso", afirmó Cyrus R. Vance, secretario de Estado durante la administración Carter y antiguo miembro de la IBM.

Se unió a la compañía que su padre, Thomas J. Watson, había adquirido en 1914, cuando ésta todavía se llamaba La Compañía Tabuladora de Grabación de Computadores (The Computing Tabulating Recording Company). Bajo la supervisión de su padre, quien la rebautizó como IBM, la compañía adquirió un tamaño mediano, dedicada a hacer maquinaria para cartas tabuladoras, las cuales, antes de los computadores, se usaban para reunir y sumar datos. Su padre murió en 1958 a la edad de 82 años.

Bajo la dirección del joven Watson, IBM se convirtió en una de las más grandes corporaciones del mundo y en la leyenda en el mundo de los negocios. Cuando él se retiró en 1971, y por casi dos décadas, IBM fue considerada como un símbolo mundial de manejo de excelencia y proceso tecnológico.

Los problemas recientes en la IBM, tales como pérdidas financieras y despidos masivos, causados por la caída en las ventas del computador central que era el punto fuerte de la compañía, fueron fuen-

**El pionero de los computadores IBM,
Thomas Watson Jr., murió a los 79 años**

El hombre que introdujo a la IBM en el mundo de los computadores

te de profundo pesar para Watson, quien sin embargo no volvió a pertenecer a la junta directiva de la IBM.

Cambio reconocido

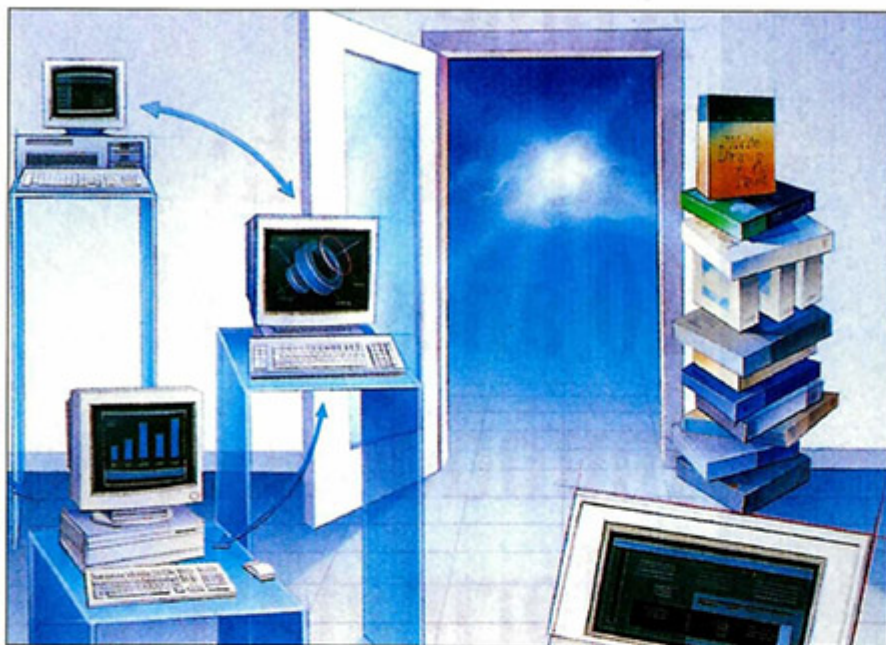
"Ellos contrataron a mi padre para sacar adelante esta compañía en 1914, el año en que yo nací", dijo Watson en una entrevista para *The Wall Street Journal* en 1992. "Hasta cierto punto, yo fui parte de la IBM, desde entonces. Cuando tú ves algo que amas en problemas, te sientes muy triste por ello".

El verdadero negocio para él fue reconocer el profundo cambio que significaría la electrónica en la elaboración de cálculos a partir de los datos Census para incorporar las hojas de balance al mercado de la investigación. La electrónica —primero mediante tubos al vacío, luego transistores y más tarde chips de silicio— reemplazó las máquinas electromecánicas que usaban motores eléctricos, palancas y tarjetas perforadas.

En 1946, poco después de que Watson se uniera a la IBM, como vendedor en la ciudad de Nueva York, dos científicos de la Universidad de Pennsylvania habían terminado el primer gran computador, conocido como Eriac.

En la década de 1950 la industria privada comenzó a desarrollar estas máquinas. Incluso el computador electrónico más elemental podía hacer cálculos 1000 veces más rápido que el equipo convencional. Y Thomas Watson Jr., quien fue elegido presidente de la IBM en 1952, condujo a la compañía a la era de los computadores.

"Watson vio antes que otros la importancia de la electrónica", afirmó Peter Petre, miembro del consejo editorial de la revista *Fortune*, quien fuera colaborador de Watson en el libro sobre sus memorias, *Padre, hijo & Compañía*, publicado en 1990. "El y su pequeño equipo dentro de la IBM impulsaron la nueva tecnología mucho antes de que gente más antigua lo viera".



Su reto hacia la nueva tecnología fue muy provechoso para la IBM, a medida que el negocio reconocía el poder de las nuevas máquinas para organizar empresas, y las tendencias de los consumidores.

Alrededor de 1955, "computador" se convirtió en una palabra mágica tan popular como las vitaminas. Watson recordó una vez: "Los ejecutivos de más alto nivel creyeron ciertamente que las compañías del futuro iban a ser dirigidas por un computador. Todo el mundo quería uno...; aunque el saber usarlos era todavía un misterio, la opinión general era que se corría un mayor riesgo en esperar la computación que en precipitarse a ella".

En un principio, IBM no fue de ningún modo el ganador obvio en esta nueva tecnología. Pero su buen momento la introdujo en los computadores electrónicos, guiada por Watson, y ayudó a la compañía a derribar a sus rivales como Remington Rand, RCA, General Electric y Honeywell.

Sin embargo, el buen manejo y técnicas agresivas de mercadeo fueron también parte de la fórmula para el éxito de la IBM. Como mercadotecnista, Watson era muy sagaz. En 1961, ante una conferencia de industriales, dijo que la nueva máquina de IBM no cumplía con las expectativas propuestas, y puesto que el computador tenía un 70% de capacidad de lo que se había propuesto, declaró que el precio sería rebajado en un 30%.

Watson creó el sistema interno de competencia entre los gerentes de la IBM, conocido como sistema de contienda. Bajo este sistema a casi todos se les permitía desafiar las decisiones de los otros gerentes, aun superiores, y se les forzaba a exponer sus argumentos.

Esto funcionó bien durante los años de crecimiento rápido de la IBM, desde 1950 hasta 1970. Pero se volvió obsoleto después de que Watson dejó la compañía, y en años recientes el sistema de contienda ha sido acusado de interferir en la

toma de decisiones en cada estrato de la burocracia de la corporación. Esta abandonó el sistema de contienda, especialmente bajo la dirección de su nuevo presidente, Louis V. Gerstner Jr.

En el mercado, Watson fue un competidor inflexible. En sus memorias escribió acerca de la IBM y de su propio "instinto primitivo" hacia un comportamiento de monopolio, y reconoció que el gobierno de los Estados Unidos tenía motivos para actuar contra la IBM, lo cual fue un gran suceso en esa época. El caso se dio por terminado en 1982, cuando en Washington había más preocupación por los desafíos tecnológicos del Japón y de otros países que por el poder de la IBM.

Y por ese entonces, el negocio de los computadores personales empezaba a cambiar. Nació una nueva industria, alimentada por una nueva tecnología, los microchips, los cuales eventualmente minarían el que la IBM pudiera sostenerse a la vanguardia en el mercado de los computadores.

En sus memorias, Watson es sorprendentemente inocente con respecto a la relación con su padre, que fue intensa, ambivalente y con frecuencia tormentosa, y sobre cómo esto alimentó sus ambiciones. Rebelde algunas veces, fue una persona también profundamente leal a su padre y casi siempre trataba de actuar de acuerdo con los deseos de éste.

Alto, delgado, canoso, Watson tenía algunos atributos naturales como estadista. Hasta cierto punto su interés en las relaciones internacionales y el desarme estaba por encima de sus experiencias en los negocios. "Siempre creyó que las relaciones políticas a través de los siglos han tendido a seguir la ruta comercial", dijo Charles H. Percy, antiguo senador republicano por Illinois, quien fuera amigo de toda la vida de Thomas Watson.

En enero de 1984 nació Apple Macintosh, un equipo revolucionario que rompe los esquemas anteriormente trazados en el mundo de la informática. Desde ese momento el mundo no volvería a ser igual. Mac introdujo la primera interfaz gráfica para el usuario, con sus ventanas, iconos, menús y un curioso elemento: el *mouse*.

El computador ¡por fin! se convirtió en un elemento importante para las personas que no poseían conocimientos en informática y necesitaban mayor productividad en sus empresas y hogares.

Haciendo un recorrido durante estos diez años, es necesario recordar el Mac original, con sus 128K y todas las características que incorporó, a partir de la integridad de diseño tanto interna como externa, gracias a los trabajos desarrollados por Steve Jobs.

El Mac original, con su diseño compacto que combinaba el monitor y la CPU, manejaba sus propios elementos de trabajo, aunque de una manera muy fácil con la interfaz gráfica, las carpetas y la caneca para botar documentos. Simulando el trabajo en un escritorio, logró lo que hasta ese momento parecía imposible: crear un sistema de trabajo totalmente intuitivo que estuviera más acorde con la forma de actuar del usuario común.

Ya no era necesario conocer una serie de comandos y operaciones poco razonables para el común de la gente. Había nacido un computador que entendía al usuario y que le permitía realizar trabajos de gran complejidad con una sencillez sorprendente. Gracias a esta visión tan particular, logró el éxito esperado: entró a competir con los conceptos de grandes cajas de expansión, soporte para impresoras de calidad existentes, herramientas de desarrollo, buen desempeño y compatibilidad con todo el estándar.

Más tarde Apple incorporó a su Mac 512K y posteriormente al Mac Plus 1MB. Aparece también la

impresora LaserWriter, que en sus inicios era diferente a la que conocemos hoy, ya que evolucionó de acuerdo con las necesidades de las personas.

Después hace su aparición el Mac II, dando respuesta a interrogantes pasados como color, mayor memoria, mejor desempeño, expandibilidad y cambio en su estructura física. El nuevo equipo deja su apariencia compacta, por la que se reconocía al Macintosh Plus y al Classic, y se asemeja más a las estructuras existentes, que consistían en CPU independiente y monitor, pero sin perder su particular estilo.

A finales de los años 80, aparecen otras denominaciones de Mac que soportan sonido —SE, IIfx, LC, IIsi—, en los cuales se realizan trabajos para DTP con total pulcritud y sencillez. Los diseñadores gráficos podían dar rienda suelta a su imaginación con la certeza de que la máquina ejecutaba el trabajo con fidelidad a la idea desarrollada.

Más tarde aparecen los modelos avanzados —Quadra— con un des-

Apple Macintosh: 10 años en el mundo de la informática

empeño que sorprende y que además soportan por sí mismos aplicaciones avanzadas de software como QuickTime y Apple Script.

En la década de los 90 se lanzan revolucionarias tecnologías lideradas por Apple. Aparece el portable Macintosh Duo, que permite tener a la mano lo mejor del mundo de escritorio y del mundo portable. Con sólo colocar su PowerBook dentro de la CPU que se utiliza como escritorio, inmediatamente la información es leída y puede trabajar en ella sin problema. Si después necesita el portable, basta sacarlo y trabajar con él en forma independiente. Este sistema se convierte en el ideal para vendedores, ingenieros y demás personas que necesitan trabajar tanto en la oficina como fuera de ella.

Aparece también la familia Centris, y recientemente la familia AV (AudioVision), que permite, por medio del reconocimiento de voz, hablarle a su computador para ordenarle realizar tareas específicas. Con estos equipos realizar multimedia es una realidad. El usuario puede escanear

una fotografía, arreglarla como quiera e incorporarle sonido. Puede agregar video a su trabajo y realizar todos los trucos que su imaginación desee.

Con los Apple Workgroups Servers, lanzados recientemente, Macintosh piensa en las grandes empresas. Como todo lo de Macintosh, se crea una forma de tener total transparencia con todos los sistemas existentes

y que además permita realizar un trabajo confiable y con gran desempeño. Y con Newton Message Pad, el novedoso asistente digital, la computación se convierte en la mano derecha de cualquier estudiante o ejecutivo.

Como se puede observar, Macintosh es un computador para múltiples tareas —inicialmente se le había

catalogado como un computador para el hogar—, que piensa en las necesidades de la gente. Actualmente Apple está tanto en el hogar o el estudio como en las grandes empresas que requieran equipos potentes.

La interfaz gráfica continúa, y con ella la visión que ha desafiado por una década al mundo de la informática.

Grandes momentos

1984

- Nace el Macintosh, y se hace muy popular a nivel universitario, gracias a la creación del Consorcio Universitario Apple (AUC).
- Las grandes casas de desarrollo anuncian sus productos trabajando bajo Mac.
- Se introducen, con el Mac, aplicaciones propias de desarrollo como MacWrite, MacPaint y MacDraw.

1985

- Nace el MacCharlie, el primer aparato que es compatible con ambiente DOS.
- Se crea el primer disco interno de 10MB y se aumenta la memoria a 348K.
- Nace la primera impresora LaserWriter y se actualiza el software del sistema.
- Microsoft crea la versión Word para Macintosh.

1986

- Nace el Mac Plus con 1MB de memoria, 2 drives y puerto SCSI.
- Se crea el primer disco duro para servidor usando la red AppleTalk.
- Aparecen los primeros conectores externos como PhoneNet y el primer monitor externo de página completa.

1987

- Nace el Mac II con su estructura independiente y un monitor de 13", con resolución superior al IBM. También aparece el SE con la apariencia similar al original pero con slots de expansión.
- Se desarrolla el primer software para

servidores bajo AppleShare; aparece el primer modem compatible desarrollado por Shiva y el primer sistema con correo electrónico incluido.

- Aparecen nuevas familias de impresoras Apple como ImageWriter y la LQ.
- El software para diseño gráfico hace su aparición.

1988

- Nace el Mac IIfx, primer computador que usa drive de alta densidad y puede leer discos de PCs, y utiliza un procesador 68030.
- Apple anuncia el desarrollo de aparatos inteligentes que manejen video, sonido y comunicación.
- Aparece la segunda generación de impresoras LaserWriter, que incluye una a color.
- Se desarrolla el primer software para mejorar la presentación de tipos de impresión, llamado TrueType.
- Hacen su aparición los CDs como medio de almacenamiento.

1989

- Este año es llamado el año del color, aparecen nuevas tarjetas de video que mejoran notablemente la resolución y se maneja memoria independiente para video (VRAM). Por tal razón, prolifera el software de aplicación gráfico.
- Aparece el primer equipo portable.

1990

- Son lanzados los primeros equipos llamados de bajo costo, como el Classic y los LC.
- Apple introduce las primeras impresoras láser de bajo costo, denominadas LaserWriter SN y NT.
- Se lanza la versión beta del sistema 7.
- Es creado el equipo más rápido y de diseño elegante, llamado IIfx.

1991

- Salen al mercado los primeros equipos en estructura de torre, con procesadores 68040, denominados Quadra.
- Aparecen los equipos laptops llamados PowerBook, con bastante acogida.
- Apple lanza al mercado el QuickTime, primer software para el manejo de imágenes en movimiento.
- Apple anuncia el desarrollo de software y aplicaciones orientadas por objeto.

1992

- Hacen su aparición equipos portátiles desmontables denominados Duo Dock, los cuales son más livianos que un laptop y pueden ser ampliados al montarse en una estación similar a un LC II.
- Aumenta la familia de los PowerBook, de mucha acogida en el mercado.
- Apple introduce una serie de productos basados en los procesadores Intel de los PCs.

1993

- Apple introduce nuevos equipos PowerBook y servidores. Dentro de los llamados equipos multimedia aparecen los denominados AV (AudioVision), con el Centris 660 y el Quadra 840.
- Se hace efectiva la tecnología PDAs para máquinas multimedia y futuros PowerPC con el Newton (producto de escritorio para manejo personal del usuario, con 128K de memoria, reconocimiento de escritura y manejo de datos).
- Apple inicia la generación de productos basados en el procesador del PowerPC (Apple-IBM-Motorola).

Estos hechos hacen prever los cambios tecnológicos que se avecinan, y el papel protagonista que jugará Apple en este desarrollo.



PROXIMAMENTE

MEMORIAS



**EXPO
CIENCIA**
1 9 9 1



ASOCIACION
COLOMBIANA PARA EL
AVANCE DE LA CIENCIA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



CONTRIBUCIÓN AL ESTABLECIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Programa Nacional de Estímulos a los investigadores

ESTÍMULOS A LOS AVANCES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Premio Nacional al Mérito Científico

Premio Nacional a la Innovación Tecnológica Empresarial

SERVICIOS A LA COMUNIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Divulgación e información

· Boletín Informativo

· Revista Innovación y Ciencia

· Administración de proyectos de investigación

ACTIVIDADES CIENTÍFICAS JUVENILES

ExpoCiencia Juvenil: Feria de la Creatividad

Encuentro con el Futuro

Estímulos a la creación de clubes de ciencia y creatividad

FOMENTO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS CIENTÍFICOS

Programa Interciencia de Recursos Biológicos Nuevos o
Subutilizados, PIRB

Centro Nacional de Ciencia y Tecnología

CONVENCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL

EXPOCIENCIA:

Feria internacional de la ciencia y
las innovaciones tecnológicas



Suscríbese a **Cambio16** COLOMBIA CON **LLAVE-COMPRAS** **Granahorrar**



Y reciba GRATIS 16 CD's de música clásica.

Con su tarjeta Llave Upac estrene LLAVE COMPRAS en todos los cajeros automáticos de la RED LLAVE-UPAC suscribiéndose a la Revista **Cambio16**

Teclee "Revista Cambio 16" e inmediatamente reclame la colección de 16 Compact Disc de música clásica en la oficina Granahorrar más cercana con el recibo que le expide su cajero. Además participe en el sorteo de 4 pasajes al mundial !

**OFERTA POR TIEMPO
LIMITADO, EXCLUSIVA
PARA CLIENTES
GRANAHORRAR.**

Cambio16 COLOMBIA


Granahorrar
Tecnología Líder

Via Satélite

Le llama la atención ?
Saque ya su tarjeta
Llave Upac
y estrene LLAVE COMPRAS