

Ciencia ^e Investigación

ASOCIACION ARGENTINA
PARA EL PROGRESO
DE LAS CIENCIAS

Biodiversidad

Biomedicina

Computación Cuántica

aporte en Canales con Vegetación

Esta edición de **Ciencia e Investigación**
es editada con un subsidio de **YPF S.A.**

Editor Responsable

Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias

COMITE EDITORIAL

Director

Dr. Horacio H. Camacho

Coordinador para A.A.P.C.

Dr. Jorge Comín

Editores Asociados

Ing. Juan C. Almagro

Dr. Alberto Baldi

Dr. Máximo Barón

Dr. Demetrio Boltovskoy

Dr. José E. Bonaparte

Dr. Juan C. Calvo

Dr. Marcelo Dankert

Dr. Julio Gratton

Ing. Arturo Martínez

Dr. Renato Radicella

Dr. Sadi U. Rifé

Dr. Carlos Rinaldi

Dr. Carlos Segovia Fernández

Ing. Roberto B.A. Solanilla

Producción Integral, Gráfica,

Periodística y Comercial

Editorial Nueva Ciencia S.R.L.

Director Silvio H. Rapoport

Sarmiento 1562 7° "2" Sdo. Cpo.

(1042) Buenos Aires, Argentina

Tel/Fax (054-11) 4382-1981 / 4381-3996

E-mail: ednuci@rcc.com.ar

CIENCIA E INVESTIGACION: Revista de información científica. Es el órgano oficial de difusión de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, Av. Alvear 1711 (1014) Capital Federal. Teléfono: 4811-2998. Está permitida su reproducción total o parcial citando la fuente. Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N° 1.657. Precio por ejemplar: \$ 4.00. Números atrasados: se abonan igual al último precio de tapa. Distribuidor en Capital Federal: Vaccaro Hnos. S.A., Entre Ríos 919, Piso 1° (1080) Capital Federal. Teléfono: 4305-3908/3854. En el interior: D.I.A. Distribuidora Interplazas S.A., Pte. L.S. Peña 336 (1135) Capital Federal. Teléfono: 4304-777/4973

ISSN - 0009 - 6733

Sumario

EDITORIAL

Argentina, el reino del revés. *Dr. Héctor Carminatti - Fundación Campomar Instituto de Investigaciones Bioquímicas* 2

INFORMACION CUANTICA

La computación cuántica. *Por Eduardo A. Castro.* La aplicación de la mecánica cuántica a la computación constituye un emprendimiento apasionante del saber humano que, de concretarse, tendrá notable trascendencia en muchos aspectos de nuestras vidas 3

MEDIO AMBIENTE

Nuevas herramientas para el estudio de procesos de transporte en canales de vegetación *Por Fabián López.* La ingeniería hidráulica aporta valiosos conceptos para evaluar la capacidad de ríos y canales con cubierta vegetal para transportar sedimentos en suspensión 12

DIVERSIDAD BIOLOGICA

Conservación de la biodiversidad: su relación con los servicios de la Naturaleza. *Por Martín M. Vila Aíub.* La diversidad de las especies está amenazada por la actividad del hombre. Para ejercer el control de esta última será necesario conocer la infraestructura mínima de los ecosistemas 19

HISTORIA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNICA

El gabinete de Física y el laboratorio de Química de la Universidad de Buenos Aires (1822-1836). *Por Juan Carlos Nicolau* 27

BIOMEDICINA

Los recursos genéticos marinos y sus servicios a los ecosistemas y el bienestar humano. *Por Mauricio O. Zamponi.* Pareciera que los CNIDARIA han suscitado las expectativas en la nueva Era Tecnológica y muchas especies de este grupo zoológico están siendo utilizadas para mejorar la calidad de vida 37

BIOSEGURIDAD

Las negociaciones del protocolo de Bioseguridad en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica. *Por Arturo J. Martínez CEFYBO (CONICET).* 43

BREVES

Un científico puede anudarse la corbata en 85 formas diferentes.
Un "nudoso" problema matemático. 45

NOTICIAS

47

ARGENTINA, EL REINO DEL REVES

Dr. Héctor Carminatti - Instituto de Investigaciones Bioquímicas Fundación Campomar

Una antigua copla alemana, que cantaban los chicos de corta edad, decía: "En el reino del Beodez / van las cosas al revés / el ratón persigue al gato / y el ladrón condena al juez". Muchos años más tarde, María Elena Walsh con su singular ingenio la popularizó en la famosa canción con el nombre del "Reino del revés", canción que han cantado nuestros hijos y ahora lo siguen haciendo sus descendientes.

Cuando a veces la vuelvo a oír, pienso si esas "pícaras" estrofas, no estarán haciendo alusión a nuestro país y a su dudoso futuro.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la Argentina tuvo una gran cantidad de distintos gobiernos de todos los "colores", tendencias y características propias (incluido el actual), pero todos ellos tuvieron un denominador común: el desprecio del cerebro de sus propios habitantes.

Durante casi sesenta años, hemos estado regalando nuestra verdadera riqueza a los países del Primer Mundo. Ellos se enriquecen más y nosotros nos seguimos empobreciendo. Y el problema es más grave todavía. El Estado invierte aproximadamente entre 250.000 y 300.000 pesos para educar, formar y conseguir un buen profesional, de cada uno de estos cerebros. Entonces, realiza el "gran negocio" de regalarlos. Por supuesto, antes se hace una elección y se van los mejores, son los que poseen el conocimiento y la tecnología. "Esos países ganan triplemente porque luego venden tecnología, llave en mano, de alto precio, a las

mismas empresas y/o países que no han fomentado la investigación local" (A. Prins, La Nación, 29/7/98).

En una colaboración que publiqué el año pasado, comparaba esa fuga de profesionales y científicos, con el éxodo de los jugadores de fútbol, que cada año es más grande y es un real motivo de preocupación en todo el país, incluyendo su clase de dirigentes y personalidades del Gobierno (La Nación, 9/9/98).

Luego leemos en los diarios los problemas que tiene el Gobierno con el FMI que "se mete en las cuestiones internas del país". Evidentemente hay una falta de independencia, política-económica que no hubiera ocurrido a mitad de siglo, cuando la Argentina era respetada en el concierto de las naciones.

Éramos un país joven y con mucho futuro. Nos comparaban con Australia y Canadá. En ese momento en todo el mundo comenzó un impresionante desarrollo científico-tecnológico, mientras que nosotros, los argentinos, permanecemos no sólo como espectadores, sino que somos buenos consumidores.

Nuestra generación tiene la grave responsabilidad de haber recibido un país rico de sus mayores. La pregunta que todos nos hacemos es qué clase de país vamos a dejar a nuestros nietos y sus descendientes. Me preocupa la Argentina que va a comenzar el tercer milenio.

Y cuando medito este problema, creo que todos somos responsables. Ha ha-

bido a lo largo de estas décadas una falta total de líderes de excelencia. Escuchando una conferencia del Dr. M.A. Cornejo en la Universidad de México (1993) él definía con gran precisión los tres requisitos para gestar un líder de excelencia.

El primero, una determinante circunstancial favorable (en la Argentina el momento fue fértil para que eso ocurriera, como pasó en todos los países del mundo después de la Segunda Guerra Mundial, con la diferencia de que casi todos ellos apostaron a la Ciencia). El segundo, el líder debe tener un alto contenido de valores morales. Es la columna vertebral que diferencia un líder de excelencia, con otro que lleva a un país o a una comunidad al desastre (tenemos muchos ejemplos). El tercero, es también muy importante. Si un líder tiene altos valores éticos, pero no está comprometido, de nada sirve. No se puede esperar "sentado" que las cosas mejoren solas.

Han pasado casi sesenta años. El gran "navío" que es el país ha estado estancado y ahora está comenzando a hundirse lentamente. Repito, todos nosotros somos responsables de la situación actual de la Argentina.

Dirigiéndome ahora a las generaciones más jóvenes, deseo que reflexionen seriamente si entre todos ellos no puede surgir un verdadero líder de excelencia, que "sueñe con los ojos abiertos", que se comprometa ciertamente por un ideal y que lo siga sin claudicaciones.

LA COMPUTACION CUANTICA

Por Eduardo A. Castro (*)

En este trabajo de divulgación científica y dirigido a un público general, se exponen los fundamentos de la computación cuántica de un modo didáctico. Se destacan algunos de los últimos aportes significativos sobre el tema, así como el origen de las dificultades que existen para materializar la construcción de una computadora cuántica. Asimismo se puntualizan algunas reservas y aún diversas objeciones serias acerca de aquella posibilidad. Finalmente, se presentan varias vías posibles de aplicación de una computadora cuántica a problemas de interés en distintos campos del saber y el quehacer humano.

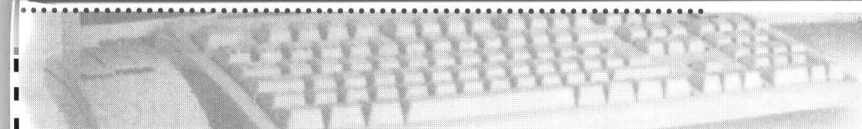
Resulta del todo evidente la destacadísima incidencia actual de la computación en la vida ordinaria de todo ciudadano, así como su empleo extendido en todas las áreas del desarrollo y la aplicación científica y tecnológica. Por otra parte, los aportes fundamentales de la teoría cuántica no sólo han promovido una verdadera revolución científica en el terreno de las ciencias básicas como la física, la química, la biología y otras afines, sino que han tenido una notable influencia en el campo del pensamiento y la cultura contemporáneos. En consecuencia, una parte significativa de estos conocimientos y desarrollos impregnan a nuestras vidas y nuestros quehaceres cotidianos, por lo que resulta cuanto menos necesario el tener una noción aproximada de ellos a fin de poder actuar y desenvolvernarnos con un cierto grado mínimo de responsabilidad ciudadana. En lo atinente al tema objeto de este artículo, hoy día la computación cuántica ya se ha convertido en un emprendimiento apasionante del saber humano y sus posibilidades de desarrollo y potencialidades aplicativas son tan grandes que, en la medida en que éstas se concreten, ellas habrán de tener una marcada influencia sobre muchos aspectos de nuestras vidas.

El propósito de este trabajo de divulgación es el de ofrecer una visión panorámica de la computación cuántica, tratando de exponer el tema de una manera clara y didáctica, y en térmi-

nos comprensibles para toda clase de lectores interesados en el mismo. Si bien algunas ideas, ciertas descripciones experimentales y conceptos teóricos conllevan un grado apreciable de dificultad de comprensión, se los habrá de exponer de una forma relativamente rigurosa, puesto que de otra manera se desnaturalizaría el carácter de la exposición misma. En todos los casos se tratará de efectuar las pertinentes presentaciones del modo más sencillo posible.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la próxima sección se ofrecen algunas ideas generales respecto de la computación y la forma concreta de materializar la información misma por esta vía. En la tercera sección se detallan varias maneras de implementar la información cuántica y los logros alcanzados hasta el momento. En la sección cuarta se destacan los inconvenientes asociados a estos avances con vistas a la posible construcción de una computadora cuántica. En la quinta sección se desarrolla el tema de la información cuántica y en la siguiente se introduce el concepto de las placas lógicas. La séptima sección se refiere al diseño experimental de las placas lógicas cuánticas con vistas a su empleo en la construcción de las computadoras cuánticas. Finalmente, en la octava sección se discuten las posibilidades de arribar con éxito al fin propuesto, así como algunas de las reservas que se han planteado al respecto, y en la

*) CEQUINOR, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.



novena y última sección se analizan las conclusiones derivadas de todo lo anteriormente expuesto.

ALGUNOS ANTECEDENTES VINCULADOS A LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA

Durante el último medio siglo, cada dos años las computadoras han venido duplicando la velocidad de procesamiento en tanto sus componentes se han hecho dos veces más pequeños. Ahora los circuitos y los transistores que componen un equipo de computación miden solamente una décima parte del grosor del cabello humano. Evidentemente, estos datos por sí mismos nos muestran que se produjo un progreso extraordinario y así llegamos a una situación donde las máquinas actuales son millones de veces más poderosas que sus antepasados primitivos. Sin embargo, este grado fabuloso de avance no puede proseguir indefinidamente y la tecnología de los circuitos integrados se está acercando a sus límites materiales.

Las técnicas litográficas más avanzadas que se utilizan para fabricar los dispositivos electrónicos eventualmente pueden llegar a producir partes que sean unas cien veces más pequeñas que las actuales. Pero a esta escala, donde los materiales se manifiestan y comportan como un conjunto de átomos individualizados, los circuitos integrados difícilmente funcionen. Y así, a una escala diez veces menor, estos individuos asumen plenamente su identidad y entonces un simple defecto puede anular el funcionamiento de todo el conjunto. En consecuencia, si en el futuro los componentes esenciales de una computadora habrán de alcanzar este grado de miniaturización, entonces inevitablemente una nueva tecnología, cualitativamente distinta a la actual, deberá reemplazar y/o suplementar a la que hoy se emplea.

Hace ya veinte años que algunos pioneros de los circuitos usados en el procesamiento de la información comenzaron a formular preguntas sobre el destino del proceso de miniaturización de los componentes de una computadora y así plantearon cuestiones

tales como: ¿cuán pequeños pueden llegar a ser los componentes de un circuito?, ¿cuánta energía puede llegar a demandar el proceso de computación en base a los componentes electrónicos ultrapequeños?, etc. (1,2).

A principios de la década del '80 se pudo demostrar que, en principio, una computadora podía llegar a funcionar en base a principios y leyes puramente mecano-cuánticas (3). Posteriormente otros grupos de investigadores comenzaron a modelar las computadoras mecano-cuánticas a fin de analizar en qué medida ellas diferirían de las clásicas y en qué extensión los efectos cuánticos podrían llegar a ser aprovechados para aumentar la velocidad de procesamiento y realizar cálculos a través de nuevas técnicas numéricas (4, 10). El progreso en esta área de la investigación ha continuado y hoy en día se está trabajando con inusitada intensidad sobre diversos aspectos de la computación cuántica. El lector interesado puede consultar dos interesantes artículos de revisión recientemente publicados (11, 12).

LA MECÁNICA CUÁNTICA

La mecánica cuántica constituye el marco teórico fundamental para describir y comprender nuestro mundo material. En tal carácter, abarca una gran cantidad y diversidad de temas que van desde lo microscópico a lo macroscópico. En particular, es en el primero de estos dominios donde los denominados "efectos e interpretaciones cuánticas" resultan muchas veces harto extrañas a nuestra comprensión ordinaria y a nuestra visión corriente de los fenómenos físicos. Sin embargo, la mecánica cuántica ha predicho una cantidad enorme de efectos que contrarían nuestra capacidad intuitiva normal, los cuales fueron repetidamente verificados experimentalmente.

Una forma de apreciar este extraño carácter de la mecánica cuántica consiste en analizar la naturaleza dual de la materia. La denominada "dualidad partícula-onda" significa que todos los objetos materiales, tales como los átomos y las sillas, bajo ciertas circunstancias se comportan como ondas y que

cosas que normalmente se describen como ondas, tales como el sonido y la luz, ocasionalmente se comportan como partículas. En esencia, la mecánica cuántica permite determinar qué clases de ondas están asociadas a cada tipo de partículas, e inversamente, para cada objeto se puede conocer qué clase de onda le corresponde.

Una de las primeras consecuencias de esta dualidad es que los sistemas materiales pequeños, tales como los átomos, solamente pueden existir en estados discretos de energía. Así, cuando un átomo cambia de un estado de energía a otro, absorbe o emite una cantidad bien definida de ella en forma de fotones. A su vez, los fotones pueden ser considerados como las partículas que corresponden a las ondas luminosas.

Una segunda consecuencia acerca de las ondas mecano-cuánticas es que ellas, al igual que cualquier clase de ondas tales como las ondas sonoras, se pueden superponer, o sea que es posible adicionarlas o restarlas. Y entonces acaece una de las extrañezas más notables derivadas de la teoría cuántica ya que cada una de las ondas ofrece una descripción aproximada de la posición de la partícula. Pero cuando dos o más ondas se combinan, entonces la posición de la partícula queda indeterminada respecto de nuestra concepción ordinaria. En un sentido cuántico podemos afirmar que, por ejemplo, un electrón puede hallarse al mismo tiempo en un cierto lugar y también estar en otros sitios. Solamente cuando se determina la localización de este electrón, por ejemplo, iluminándolo con fotones, se revelará que está ubicado en un solo punto, pero no en varios a la vez.

Naturalmente, nuestros extrañados lectores se preguntarán qué grado de verdad hay en todo esto, ya que su experiencia cotidiana no le muestra tal tipo de comportamiento con los objetos corrientes. En realidad, esta inusitada manera de comportarse es de carácter universal y vale aún para los objetos que podemos ver con nuestros propios ojos de manera directa. Sin embargo, debido a una cuestión de magnitudes y órdenes dimensionales,

nuestros sentidos ordinarios son incapaces de aprehender estas peculiaridades. En consecuencia, sólo los objetos ultrapequeños, de dimensiones atómicas o menores, exhiben abiertamente tan inusual modo de comportamiento, el cual es observable y determinable con precisión por medio del empleo de técnicas específicas y equipos apropiados.

Cuando dos o más ondas cuánticas superpuestas se comportan como una sola, se dice que son "coherentes". El proceso por el cual dos o más ondas coherentes recobran sus respectivas identidades individuales se denomina "decoherencia".

LA INFORMACIÓN COMO PROCESO FÍSICO

Usualmente no se piensa acerca de la computación como un proceso eminentemente físico. Más bien, se la considera como una operación matemática teórica. Sin embargo, cuando se analiza con algún cuidado, el efectuar una computación es esencialmente un proceso físico. Consideremos el ejemplo trivial de sumar "1+2": ¿cómo se maneja esta operación sencilla por medio de una computadora? Las entradas 1 y 2 son dos cantidades abstractas que antes de efectuar cualquier clase de computación son codificadas en un determinado sistema físico. Esta codificación puede efectuarse de muy diferentes formas, dependientes cada una de ellas del dispositivo computacional empleado. En el caso ultraelemental de un contador manual, uno corre hacia un costado (habitualmente hacia la derecha) primero una bolilla y luego dos más. Finalmente, para arribar al resultado final de la operación se cuenta el número total del conjunto armado mediante las dos primeras operaciones de correr bolillas hacia un costado. En las computadoras usuales, el proceso físico consiste en aplicar determinados voltajes de potencial a la placa de un transistor en un microchip de silicio.

En consecuencia, el proceso mismo de computación consiste en un conjunto de instrucciones, denominadas "algoritmos", llevadas a cabo por medio de

un proceso físico. Al completarse el algoritmo se obtiene un resultado que finalmente se reinterpreta en términos abstractos, pero a partir de la observación final del estado de un sistema físico (sean las bolillas totales o el conjunto de voltajes en las placas). El punto crucial que en este contexto se debe puntualizar es que, aunque "1+2" se puede definir en términos abstractos, el proceso computacional que nos permite inferir que el resultado es 3 se encuentra constituido por un proceso físico.

La unidad básica de la información en una computadora lleva la denominación de "bit". Esta unidad es simplemente una diferenciación entre dos alternativas: sí o no, 0 ó 1, falso o verdadero. En las computadoras usuales, llamadas también "digitales", un bit de información está constituido por el voltaje aplicado entre las placas de un capacitor: un capacitor cargado representa al 1 y uno descargado al 0. ¿Qué conexión guarda esta unidad de información con una operación tal como la anteriormente descrita? Cada número se representa en el sistema binario o sea solamente a través de unos y ceros, por lo que llevarán algunos bits representar cada número. La operación se efectúa según las reglas del álgebra binaria y el resultado será un número representado en este sistema o sea un nuevo conjunto de bits (cadena finita de unos y ceros), que al ser leídos nos suministrarán el resultado final.

Una computadora cuántica funciona en base al proceso de asimilar el familiar carácter discreto de la información digital al extraño carácter discreto de los estados cuánticos de energía de la materia. Supóngase tener un átomo de hidrógeno que podría ser empleado para almacenar bits de información en una computadora cuántica. Cuando el átomo se encuentra en el estado fundamental con su electrón en el nivel de energía más baja (color azul oscuro en la Figura 1a) puede representar al cero. El mismo átomo en un estado excitado, con su electrón en un nivel de mayor energía (color azul medio en la Fig. 1a) puede representar al uno. Los bits atómicos 0 y 1 pueden cambiar al valor opuesto (1 y 0 respectivamente)

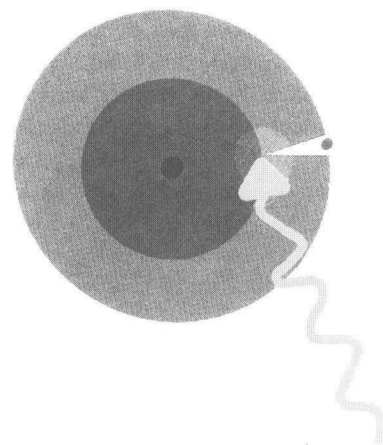


Figura 1a. Los átomos de hidrógeno podrían ser usados para guardar bits de información en una computadora cuántica. Un átomo en su estado fundamental con su electrón en el nivel energético más bajo posible (color azul oscuro) puede representar al cero. El mismo átomo en un estado excitado, con su electrón en un nivel de energía más alto (color azul medio) puede representar al uno. Los bits 0 y 1 del átomo pueden cambiarse el valor opuesto empleando un pulso de luz láser (color azul claro). Si los fotones del pulso tienen la misma energía que la diferencia entre el estado excitado y el estado fundamental del átomo, el electrón pasará de un nivel a otro.

empleando un pulso de luz láser (color azul claro). Si los fotones componentes del pulso que se aplique durante un lapso apropiado y en forma gradual tienen una energía exactamente igual a la diferencia entre los niveles excitado (E_1) y el fundamental (E_0), entonces el electrón "salta" de un estado a otro, tal como se muestra esquemáticamente en la Figura 1a. La lectura del bit atómico involucra a un segundo estado excitado (color azul medio en la Figura 1b), cuya energía es E_2 y un pulso de luz láser con energía $E_2 - E_1$ (haz color azul claro en la Fig. 1b). Si el átomo se encuentra en el estado fundamental (color azul con rallado blanco en la Figura 1b) representando al cero, entonces el pulso no tiene efecto alguno pues su energía no corresponde a ninguna diferencia entre los niveles atómicos. Pero si el átomo se encuentra en el primer estado excitado (color oscuro en la Figura 1b) con energía E_1 , el pulso inducirá un salto al nivel E_2 . Posteriormente, el átomo retornará al nivel E_1 emitiendo un fotón de energía $E_2 - E_1$ (haz color azul oscuro en la Figura 1b) y esta emisión, adecuadamente registrada, informará que el valor del bit era 1.

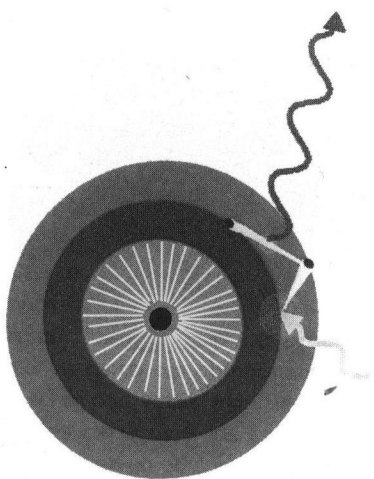


Figura 1b. La lectura del bit que almacena un átomo se realiza usando un pulso de luz láser que tiene la misma cantidad de energía que la diferencia entre el primer nivel excitado del átomo, digamos E_1 y el aún más alto segundo nivel excitado, que denominamos E_2 . Si el átomo se encuentra en el estado fundamental, representando al cero, este pulso no tiene efecto alguno. Pero si el átomo se encuentra en el primer estado excitado, representando al uno, el pulso lo impulsa al nivel de energía E_2 . Luego, el átomo retornará al estado E_1 emitiendo al fotón antedicho.

Así como en una computadora analógica se necesitará toda una batería de capacitores registrando ceros y unos, un conjunto de átomos de hidrógeno adecuadamente preparados cumplirá idéntica función. Pero entonces ¿cuál es la diferencia entre una computadora clásica y una computadora cuántica si lo único que tenemos hasta aquí son meras formas alternativas de representar y manipular a la información? La respuesta será clara y concluyente cuando se pase a la siguiente sección que aborda el tema de la "información cuántica".

LA INFORMACIÓN CUÁNTICA

Si cualquier sistema cuántico se diseña para hacer las veces de una computadora, entonces debe ser capaz de algo más que de guardar bits. Un operador debe poder cargar la información en el sistema, procesarla por medio de manipulaciones lógicas sencillas y finalmente descargar la información resultante del procesamiento anterior. O sea que un sistema cuántico debe ser capaz de leer, escribir y procesar una

aritmética.

En el proceso físico entre los estados E_0 y E_1 se hizo mención explícita a dos condiciones significativas en la incidencia del haz de luz láser de energía $E_1 - E_0$: "gradualismo y duración apropiada". ¿Qué se quiere significar con aplicación gradual? El campo eléctrico oscilatorio asociado a la luz láser impulsa al electrón de un átomo desde un nivel energético a otro de la misma manera que una adulto empuja a un niño al hamacarse en un columpio para que cada vez vaya más alto. Toda vez que actúa la onda oscilante sobre el electrón le imparte un pequeño impulso. Cuando los fotones del campo electromagnético poseen la misma energía que la diferencia entre los dos niveles E_1 y E_0 , entonces estas impulsiones coinciden con el movimiento de balanceo del electrón y gradualmente convierten a la onda correspondiente al electrón en una superposición de ondas con energías diferentes. En el proceso de excitación, la amplitud de la onda asociada con el estado fundamental disminuirá al tiempo que aquella correspondiente al nivel excitado se incrementará. En este proceso, el bit registrado por el átomo cambia del estado fundamental al estado excitado.

Si el pulso de luz apropiado, o sea aquél de energía $E_1 - E_0$, se aplica durante un lapso que corresponde a una fracción del tiempo total del proceso antes descripto para cambiar el átomo de 0 a 1, digamos la mitad del tiempo, entonces el átomo se encuentra en un estado que es igual a una superposición de la onda correspondiente al 0 y la otra mitad correspondiente al uno, ambas con igual amplitud. Este bit cuántico, denominado usualmente "cubit" (13) se encuentra en consecuencia a mitad del camino entre el estado cero y el estado uno. Y aquí radica la diferencia esencial entre un bit clásico y otro cuántico. Un capacitor a medio cargar en una computadora convencional origina errores y no caben más que dos alternativas para un bit: 0 ó 1. En cambio, un cubit puede asumir un número infinito de valores entre 0 y 1, debido a la validez del principio cuántico de superposición. Las cosas sucederían como si los cubits

coexistieran, en principio, en muchísimos estados de información al mismo tiempo, y no solamente cero o uno. Esta característica tan peculiar y extraña a nuestro modo común de pensar, pero totalmente válida y comprobable experimentalmente, es la que abre un campo de posibilidades insospechadas a la nueva computación cuántica.

LAS PLACAS LÓGICAS

Los circuitos electrónicos están contruidos con elementos lineales, tales como cables, resistores y capacitores, y no lineales, tales como diodos y transistores, todos los cuales manipulan a los bits de distinta manera. Los dispositivos lineales modifican a las señales de entrada de manera individual. En cambio, los no lineales hacen que las señales de entrada que pasan a través de ellos sean sometidas a un proceso de interacción.

Los circuitos realizan computaciones por medio de repeticiones de unas pocas y muy sencillas tareas lineales y no lineales una y otra vez a una gran velocidad. En el campo de la computación estos dispositivos reciben el nombre de "placas lógicas", las cuales realizan operaciones elementales sobre los bits de información. En el siglo XIX el lógico irlandés George Boole demostró que cualquier tarea compleja de tipo lógica o aritmética se puede llevar a cabo usando combinaciones adecuadas de solamente tres operaciones simples: **NO**, **COPIAR** e **Y**. Veamos el significado de cada una de ellas.

NO: consiste en cambiar un bit, o sea de 0 pasa a 1 y de 1 pasa a 0. Es la operación lógica NOT donde lo verdadero pasa a falso y lo falso a verdadero.

COPIAR: hace que un segundo bit sea igual al primero. O sea que al cero lo transforma en cero y al uno en uno. Estas dos tareas son lineales, puesto que en ambas la salida o el resultado refleja el valor de una sola entrada.

Y: es una tarea algo más elaborada, pues considera dos bits de entrada y de acuerdo a sus respectivos valores produce un resultado. En efecto, si ambos bits de entrada son 1, entonces un tercero (el resultado) es 1. En cualquier otro de los tres casos restantes

(o sea 0 y 1, 1 y 0, 0 y 0), el resultado es cero.

Se ve entonces que esta operación es no lineal pues la salida depende de alguna clase de interacción entre dos entradas. Estas operaciones pueden llevarse a cabo con placas lógicas electrónicas (clásicas) así como con sus análogas cuánticas. Las Figuras 2a, b y c muestran cómo pueden comprenderse y realizarse estas tres operaciones por medio de un sistema cuántico.

Vale la pena destacar la diferencia substancial que existe entre las placas clásicas y las placas cuánticas. En el primer caso, el cambio que se produce, por ejemplo, en la placa convencional al actuar la operación NO es de carácter total, o sea que el cero pasa a uno y el uno al cero. En cambio, las placas cuánticas, además de la tarea anterior, pueden hacer que este cambio sea parcial y los cubits se modifiquen a medias, produciendo un estado final que sea, por ejemplo, mitad de uno y mitad de cero. Es en esta diferencia radical que subyace la mayor universalidad de las computadoras cuánticas respecto de las convencionales, otorgándoles así un campo de posibilidades operacionales mucho más vasto.

Para avanzar un poco en la comprensión del empleo de los cubits, consideremos que en una computadora cuántica colocamos la información de entrada tal que cada uno de ellos sea igual a una superposición de 0 y 1, cada uno de ellos con igual magnitud. Entonces, la computadora se encuentra en una superposición igual a todas sus entradas posibles. Al efectuar una operación determinada, el resultado final es una superposición de todas las posibles salidas de esa particular computación. O sea que las cosas suceden como si de algún modo muy extraño, la computadora efectuase todas las posibles operaciones a la vez. En efecto es lo que se denomina "*paralelización o paralelismo cuántico*".

Aunque este paralelismo cuántico pueda resultar harto extraño y de muy difícil, o aún imposible, comprensión racional, un ejemplo sencillo nos mostrará que puede ser razonable y que en verdad no está para nada alejado de algunas experiencias de nuestra vida co-

tidiana. Considérese el caso de las ondas sonoras, donde los tonos puros están constituidos por vibraciones de una sola frecuencia. El análogo cuántico serían los cubits cero y uno. Cuando musicalmente se combinan los tonos puros se tienen los coros y sabemos muy bien que ellos suenan muy distinto respecto de los tonos individuales. De igual manera, en la computación cuántica, una superposición de cubits 0 y 1 difiere de cada uno de éstos tomados por separado. Vemos así que en ambos casos las ondas interfieren unas con otras para dar un producto final muy distinto a cada uno de sus componentes iniciales.

Hasta aquí hemos descrito en forma un tanto simbólica (a través del uso de átomos de hidrógeno) la forma práctica de almacenar y manejar a los cubits en una computadora cuántica. Pasemos ahora a describir brevemente algunas de las formas concretas de efectuar estas operaciones.

DISEÑO EXPERIMENTAL DE LAS PLACAS LÓGICAS CUÁNTICAS

Para el lector que no es versado en los

temas actuales de la física, la química y la espectroscopía, esta sección le resultará de más difícil comprensión visto el empleo que se hará en ellas de conceptos específicos. De haber intentado siquiera una mediana descripción apropiada al lector lego en el tema, esto hubiera implicado extender el artículo más allá de los límites razonables que impone una publicación de esta clase. Por otra parte, de no haber incluido las breves descripciones y menciones que siguen, este trabajo no estaría completo, careciendo de una parte constitutiva esencial. Por otro lado, el lector interesado en el abundamiento de mayores detalles específicos puede consultar la bibliografía apropiada que se indica en cada caso.

Existe una gran variedad de fenómenos físicos que pueden ser aprovechados para construir una computadora cuántica. En verdad, y aunque esto también resulte un tanto extraño, los dispositivos cuánticos se han ido desarrollando al mismo tiempo que los transistores en el terreno de la espectroscopía. En efecto, hacia fines de la década del '50, los investigadores aprovecharon la existencia de una interacción física entre el espín del electrón y el



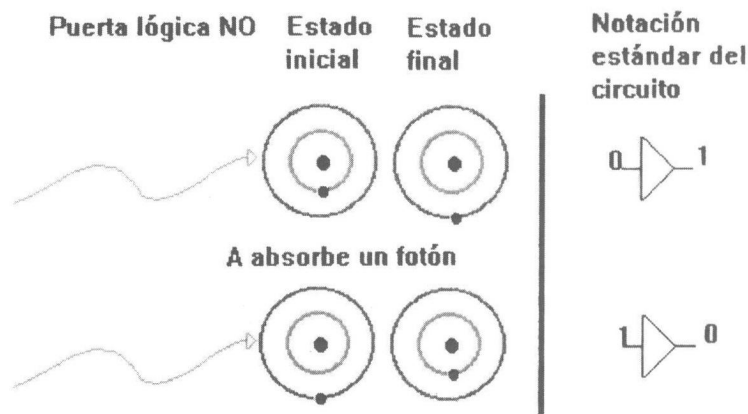


Figura 2a. NO implica algo más que el cambio del bit, tal como la notación de la parte derecha lo muestra: si A es cero, entonces lo cambia a 1 y viceversa. Con los átomos esto puede ser realizado aplicando un pulso de luz cuya energía sea igual a la diferencia entre la energía del estado fundamental de A (con su electrón en el nivel de energía más bajo, en el diagrama lo representa el círculo interior) y la del estado excitado (en el diagrama, el círculo más grande). A diferencia con las puertas lógicas NO convencionales las del tipo cuántico pueden cambiar también parcialmente el bit.

espín del protón en un átomo de hidrógeno.

El espín de una partícula se puede considerar simplemente como la orientación del eje de rotación de la misma con respecto a la dirección de un campo magnético, y al igual que los niveles energéticos, se encuentra cuantizado. La peculiaridad del espín estriba en que sólo puede tomar dos valores, que en este contexto identificamos con los valores uno y cero.

El equipo de investigadores antes mencionado diseñó un sistema tal que el espín protónico cambia si el espín electrónico toma un determinado valor; digamos uno, y no cambia en el otro caso. Estos investigadores denominaron al efecto "doble resonancia", pero si hubieran pensado en términos de la lógica cuántica, considerarían que estaban realizando operaciones sencillas con dos cubits, las cuales permiten concretar los Y, NO y COPIAR.

A través de una nueva técnica perteneciente al campo de la espectroscopía atómica, la denominada "transferencia de estado oscuro en la coherencia Zeeman", se ha llegado a implementar un esquema para que se pueda realizar la lógica cuántica (14). Se denomina Zeeman coherente a un átomo en el cual la función de onda es solamente cero para uno de los componentes del multiplete del estado fundamental (el

cual contiene la estructura fina Zeeman). Esta función de onda puede reasignarse a otro miembro del multiplete si el átomo se expone a dos haces ópticos que acoplan a estos dos niveles del estado fundamental a un estado excitado. En la Figura 3 se representan estos niveles y el diagrama sirve para esquematizar el modo de operación. El funcionamiento se basa en hacer incidir el haz B_2 , el cual deja al sistema

en el estado original 1, pero acopla fuertemente a los estados 2 y 3. Cuando a continuación actúa el haz B_1 , el sistema se transfiere del estado 1 al complejo 2-3, pero, sorprendentemente, debido a la interferencia cuántica, la amplitud de la función de onda en el estado 3 siempre permanece pequeña. Entonces, si cesa de actuar B_2 , la función de estado se reduce al estado 2. El apagado de B_1 completa el proceso. Este tipo de espectroscopía posee varias ventajas para ser utilizada como operación básica en la computación cuántica. En efecto, el estado instantáneo siempre es "oscuro", o sea que no puede emitir espontáneamente desde un estado excitado, en la medida en que su densidad de probabilidad de hallarse en el mismo sea muy pequeña. De esta forma, el sistema siempre permanece en un estado cuántico puro. Si uno de los haces B_2 es un modo localizado de cavidad constituido como superposición de estados fotónicos 0 y 1, entonces esta clase de espectroscopía sirve para asimilar tal superposición en la misma combinación de dos subniveles Zeeman. En verdad, esta capacidad de transferencia es la que se ha aprovechado y extendido para resolver el problema más arduo en el diseño de placas lógicas cuánticas.

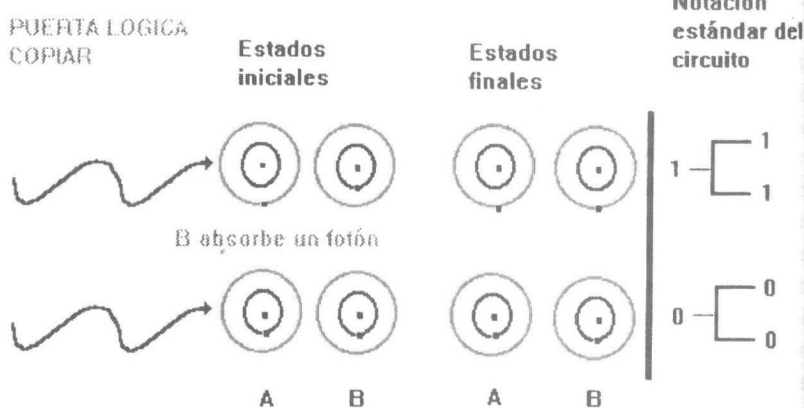


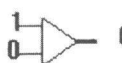
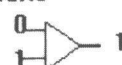
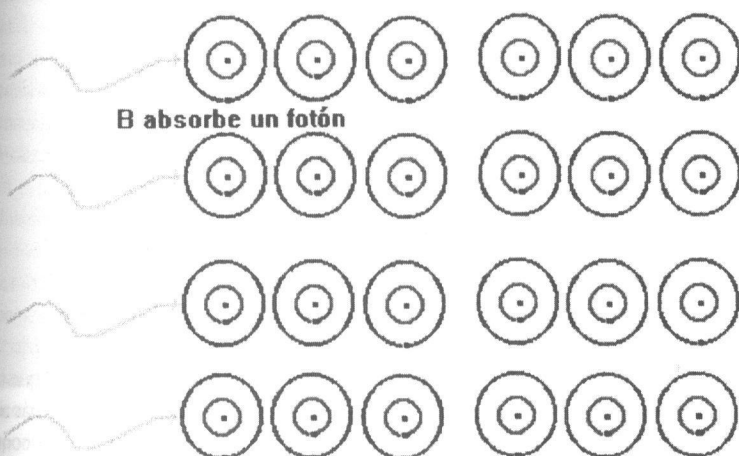
Figura 2b. COPIAR en el mundo cuántico se basa en la interacción entre dos átomos diferentes. Supóngase que un átomo A que almacena 0 ó 1, colocado en la proximidad de otro átomo B en el estado fundamental. La diferencia de energía entre los estados de B adoptará distintos valores según A sea 0 ó 1. Ahora se aplica un pulso de luz cuyos fotones poseen una energía igual a la mayor cantidad ($A=1$). Si el pulso tiene la intensidad y duración apropiadas y si A es 1, B absorberá un fotón e incrementará su energía (primera fila). En cambio, si A es 0, B no puede absorber un fotón del pulso y permanece inalterado (fila interior). En consecuencia, tal como lo muestra el diagrama de la derecha, si A es 1, B se transforma en 1 y si A es 0, B permanece 0.

Puerta lógica
Y

Estados iniciales

Estados finales

Notación
estándar del
circuito



el cual modifica la constante dieléctrica efectiva percibida por el segundo fotón. Esto, a su vez, cambia la fase del estado 11 en 16° , mientras que los otros tres estados (00 , 01 y 10) permanecen inalterados (18).

Otro grupo de investigadores desarrolló un alambre fotónico consistente en un arreglo de pigmentos con una extensión de 90 A (19). La absorción de un fotón de luz visible por un cromóforo de entrada en uno de los extremos del arreglo conduce a la emisión de otro fotón en el cromóforo de salida por el extremo opuesto del arreglo. Posteriormente buscaron los métodos apropiados para gatillar la señal de transmisión en este tipo de alambre, permitiendo así que la emisión en la salida pudiera ser generada o restringida de una manera controlada. A través de

Figura 2c. Y también depende de las interacciones atómicas. Imagínes tres átomos A, B y A, los cuales se encuentran próximos entre ellos. La diferencia de energía entre los estados fundamental y excitado de B depende de los estados de los otros dos de A. Supóngase que B se encuentran en el estado fundamental. Ahora aplíquese un pulso de luz cuya energía resulta igual a la diferencia entre los dos estados de B solamente cuando los átomos vecinos A se hallan ambos en 1 . Si ambos átomos A se encuentran en 1 , entonces este pulso cambiará el estado de B (fila superior) y en cualquier otro caso dicho pulso dejará a B inalterado (restantes filas).

esta búsqueda llegaron a sintetizar dispositivos moleculares donde un proceso de transferencia de energía electrónica se dispara selectivamente por la alteración monoelectrónica del estado redox de un pigmento espacialmente aislado en un arreglo de varios de ellos (20). Los compuestos empleados son metaloporfirinas con propiedades fotofísicas y redox predeterminadas, los que constituyen los bloques o unidades de construcción del dispositivo.

Esta somera descripción de algunos diseños experimentales de placas lógicas cuánticas de ningún modo agota esta área experimental, ya que al presente se está trabajando activamente en ella y es dable esperar anuncios de nuevos dispositivos que se agreguen a la lista de los ya existentes. Estos nuevos diseños seguramente se concretarán en base a las ideas desarrolladas hasta el presente, así como a sugerencias lanzadas tanto desde el mismo campo experimental como desde el terreno de la especulación teórica.

POSIBILIDADES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE UNA COMPUTADORA CUÁNTICA

La computación cuántica es uno de los

mudar un estado cuántico no perturbado desde un subsistema (un átomo en este caso) a otro. En otro trabajo reciente (15) se ha demostrado fehacientemente que los primeros estados del ión Berilio que está inserto en una trampa de Paul se pueden acoplar espectroscópicamente a los cuantos vibracionales de los fotones de los iones atrapados. Esta contribución, inspirada en una propuesta totalmente teórica (16), demostró la operación exitosa de una placa cuántica no, la que cambia un cubit condicionalmente en el estado de otro cubit. En un trabajo recientemente publicado (17) se describe un experimento donde se intercambian los roles de los transportadores de información respecto de la descripción anterior. En este caso se emplea el fuerte acoplamiento entre el campo electromagnético y un estado atómico individual para modificar la dinámica cuántica de cada uno de los átomos. El proceso fundamental de emisión espontánea de un fotón por un átomo que se encuentra en un estado excitado, puede ser alterado por medio de la modificación de los estados fotónicos disponibles. Este efecto se puede concretar por medio del confinamiento del fotón en una pequeña cavidad. Se informó que se atrapa al fotón en una cavidad de $100 \mu\text{m}$ empleando espejos de reflectividad ultra-alta, representando el uno la presencia del fotón en ella y el cero su ausencia. Una segunda cavidad fotónica de frecuencia distinta constituye el otro cubit. Entonces se hace incidir un haz de átomos de Cesio a través del contenedor de ambas cavidades. Si se encuentra presente el fotón de la primera frecuencia, se excita una transición atómica en un átomo de Cesio,

mudar un estado cuántico no perturbado desde un subsistema (un átomo en este caso) a otro.

En otro trabajo reciente (15) se ha demostrado fehacientemente que los primeros estados del ión Berilio que está inserto en una trampa de Paul se pueden acoplar espectroscópicamente a los cuantos vibracionales de los fotones de los iones atrapados. Esta contribución, inspirada en una propuesta totalmente teórica (16), demostró la operación exitosa de una placa cuántica no, la que cambia un cubit condicio-

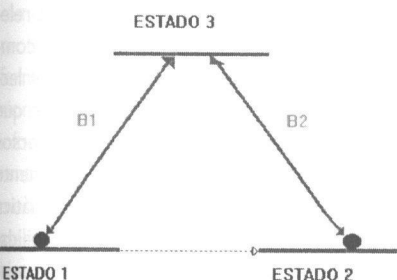


Figura 3. En la espectroscopía del estado oscuro un sistema cuántico pasa del estado 1 al estado 2 por medio de una mezcla con el estado excitado 3 empleando una radiación coherente (modos $B1$ y $B2$).

sueños más preciados de todos los científicos e ingenieros que trabajan en el campo de la ciencia computacional (21). El aprovechamiento de la capacidad de un sistema cuántico, tal como un conjunto de átomos que pueden estar en muchos estados energéticos distintos a la vez, podría hacer que una computadora cuántica efectuara un gran número de computaciones al mismo tiempo, ofreciendo así la posibilidad de resolver problemas que las computadoras convencionales no pueden siquiera encarar. Sin embargo, actualmente esta aspiración se encuentra localizada en el campo de las posibilidades. Hasta el presente nadie ha llegado a construir una computadora cuántica y mucho menos programar nada para calcular algo en ella. Inclusive, algunos autores han adoptado una actitud harto cauta, alertando acerca de ciertos optimismos desmesurados (22), mientras que otros llegan prácticamente a negar la posibilidad de que en un futuro medianamente cercano se pueda plasmar el sueño de la computación cuántica (23). Estas críticas son significativas, pues provienen de algunos investigadores que se desempeñan en esta misma área y quienes fundamentan sus juicios en argumentos muy sólidos.

¿Cuáles son las razones básicas que no han permitido hasta el presente la materialización de una computadora cuántica y que al mismo tiempo originan estos juicios negativos?

Hemos visto que la computación cuántica se basa en el empleo de los estados cuánticos, los que en términos generales están constituidos por la superposición de varios otros estados de base (en nuestro ejemplo rudimentario de 0 y 1, estos dos serían precisamente los estados básicos y las distintas combinaciones de ellos conformarían las superposiciones resultantes). La dificultad esencial reside en la notoria fragilidad de estos estados. Esta fragilidad significa que ellos son muy inestables y, en consecuencia, al tener que "manipular" muchos de ellos al mismo tiempo, los sistemas cuánticos son muy vulnerables a errores (24).

Si bien es cierto que la dificultad antes mencionada es muy seria, ello no debe considerarse como una barrera absolu-

tamente infranqueable. En efecto, desde el mismo momento en que se tomó acabada conciencia de ello, se ha venido trabajando arduamente para superar este y otros problemas asociados a la construcción de una computadora cuántica. Como consecuencia de estos emprendimientos ya se han logrado algunos resultados alentadores, tales como la construcción de una sencilla placa lógica (25), varios esquemas para la corrección de errores cuánticos (26, 27) y el diseño de un dispositivo electrónico para enviar un "trit" de información (28, 29). Un trit puede alcanzar tres valores posibles: 0, 1 y 2 y es equivalente a 1,58 bit, siendo propuesto originalmente en 1992 por C. H. Bennett (30, 31).

Asimismo, otros aportes teóricos muy recientes han brindado un impulso de gran estímulo a la investigación y el desarrollo en este terreno. Así, S. Lloyd (32) demostró que uno de los problemas que la computación cuántica puede resolver en forma más eficiente que las computadoras clásicas es la simulación de otros sistemas cuánticos. Ya en 1982, R. Feynman había expresado una conjetura al respecto, afirmando que las computadoras cuánticas podrían llegar a simular otros sistemas cuánticos de una manera más eficaz (10). Otro grupo de investigadores describió e ilustró un esquema para corregir los efectos de la decoherencia y reforzar la evolución coherente en la dinámica de un sistema cuántico para el caso de una computadora cuántica construida en base a las placas del tipo de iones encapsulados en una cavidad (33). También es destacable el aporte de Chuang y col. (34), quienes analizaron el impacto de la decoherencia en el algoritmo cuántico de la factorización. Para comprender mejor la importancia del problema de la factorización debe tenerse en cuenta que la unicidad de la descomposición en factores primos de un número natural constituye el Teorema Fundamental de la Aritmética (35). Desde el punto de vista práctico, la determinación de los factores primos de un número natural puede llegar a constituir un problema realmente difícil, aunque luego su verificación sea un asunto trivial. Y esta asimetría es la que constituye la base de la

moderna criptografía y suministra los códigos secretos que se utilizan en terrenos tan disímiles como la contabilidad y la mensajería diplomática. Finalmente se debe resaltar otra reciente contribución novedosísima de la denominada evolución de la balística cuántica en el diseño de las computadoras cuánticas (36).

Los distintos aspectos aquí señalados acerca de las variadas posibilidades para arribar finalmente al diseño experimental de una computadora cuántica nos muestran que esta área de trabajo se encuentra en pleno desarrollo y que las contribuciones y las propuestas más audaces se suceden sin solución de continuidad. Si bien es cierto que ya se han formulado algunas reservas respecto de la concreción más o menos inmediata de este megaproyecto, ellas no han impedido el notable avance de las investigaciones y los aportes tecnológicos (37). Puede ser significativo destacar que en fecha reciente un consorcio de investigadores de Caltech, el prestigioso Massachusetts Institute of Technology (MIT) y la University of Southern California (USC) han creado el Institute for Quantum Information and Computing (QUIC) en el Caltech (38). El propósito central de este nuevo instituto es el de testear todas estas promesas acerca de la computación cuántica y emprender proyectos conducentes a la fabricación de un equipo de esta clase.

A MODO DE UNA CONCLUSIÓN ABIERTA

En las páginas precedentes se ha ofrecido una visión lo más amplia posible y destinada a un grupo bastante amplio de lectores, de algunas cuestiones relevantes referidas a la denominada computación cuántica. Seguramente el lector atento habrá podido apreciar que en este terreno se conjugan diversos aspectos, varios de ellos aparentemente contrapuestos, y que esta temática ofrece un enorme campo de posibilidades, las cuales seguramente ni los mismos investigadores involucrados en ella alcanzan a avizorar en su totalidad. Afirmar que la computación constituye hoy día un eje central por el que se cruzan prácticamente todas las actividades

del quehacer humano es casi un lugar común. El tener en cuenta que la mecánica cuántica ha promovido toda una revolución científica a partir de principios de este siglo, con amplias proyecciones sobre diversas áreas del saber humano y del desarrollo tecnológico no es sino reconocer algo sobre lo que se ha venido insistiendo constantemente. El saber sobre los últimos aportes de la espectroscopía atómica y molecular así como el impresionante avance de las distintas nanotecnologías y el manipuleo a nivel casi individual de los átomos y las moléculas en diferentes sistemas físicoquímicos ofrece la espectacular oportunidad de asombrarse con resultados concretos en cuanto al comportamiento y las propiedades de la materia. Y finalmente, al considerar todo el potencial que contiene la inteligencia y las habilidades manipulativas de los científicos y los técnicos, uno puede asegurar casi con certeza total que no hay cuestión que no se pueda encarar y resolver, en tanto ella sea resoluble y viable.

Entonces ¿qué podemos esperar del avance y los desarrollos en el estudio y la aplicación de un tema donde las especialidades y las capacidades antes citadas constituyen sus componentes principales? Seguramente el lector interesado en este tema podrá sacar sus propias conclusiones.

Es cierto que existen ciertas reservas y aún objeciones justificadas acerca del éxito futuro de la computación cuántica, cosa que hemos destacado previamente. Estas dudas se centran no tanto en la posibilidad de resolver inconvenientes técnicos sino en el hecho de que tales soluciones sean viables. Básicamente, este aspecto está asociado al problema del procesamiento de la información que requiere que las interacciones entre los transportadores de la información sean controladas y coherentes, por lo menos en el lapso que media entre la preparación inicial y las medidas finales. Algunos avances recientes en el enfriamiento láser y el aislamiento térmico, reflejados, por ejemplo, en la obtención de un condensado gaseoso de Bose-Einstein (39), sugieren que sería posible el mantenimiento de una interacción mínima de la computa-

dora cuántica con el entorno y lo suficientemente extendida en el tiempo como para al menos llegar a efectuar algunos pasos de un procesamiento cuántico coherente sobre algunos pocos cubits de información. Aunque de momento se debe destacar que en lo inmediato se llegue a construir una computadora cuántica de alcances amplios, mucho es lo que se podría llegar a hacer con un equipo mínimo de trabajo computacional a nivel cuántico. Por ejemplo, se podrían estudiar efectos que son de gran significado científico, tal como las medidas de Bell (40), que podrían ser implementadas en la teleportación cuántica (30), por medio de la cual un estado cuántico desconocido puede ser transportado a una localización remota. A un nivel de unos 10 cubits, una computadora cuántica es capaz de realizar el codificado cuántico de Schumacher (13), el cual sería de gran interés en la implementación de una criptografía cuántica eficiente. Y quizás, con la disponibilidad de unos 100 cubits, una computadora cuántica llegue a constituir un duplicador eficiente de un conector criptográfico cuántico ruidoso (o sea, parcialmente decoherente). Su aplicación podría permitir la creación de pares de Einstein-Podolsky-Rosen (30) en localizaciones muy remotas, lo cual, a su vez, permitiría efectuar nuevas y muy exigentes pruebas acerca de la validez de la teoría cuántica.

A modo de cierre, creo necesario expresar que aunque la tan ansiada materialización de la "computadora cuántica personal" no llegue a concretarse en la próxima década, todos los esfuerzos realizados y en vías de concreción merecen la pena, ya que es mucho lo que se ha avanzado en el estudio y el desarrollo de la computación cuántica (41) y que ha permitido un conocimiento más profundo e interrelacionado de los principios fundamentales de la teoría cuántica, la teoría de la información, la espectroscopía atómica y molecular, así como las incipientes pero poderosas nanotecnologías. Sin duda alguna son muchas las sorpresas que nos deparará el futuro en este terreno y seguramente varias de ellas ya se habrán producido al momento de que el lector tome contacto con este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- R. Landauer, Ber. Bunsenges Phys. Chem. 80 (1976) 1048
- 2- C. Bennett, IBM J. Res. Dev. 17 (1973) 525
- 3- P. Benioff, Phys. Rev. Lett. 48 (1982) 1581
- 4- D. Deutsch, Proc. R. Soc. London 400^a (1985) 97
- 5- P. Benioff, J. Stat. Phys. 29 (1982) 515
- 6- W. H. Zurek, Phys. Rev. Lett. 53 (1984) 391
- 7- A. Peres, Phys. Rev. A 32 (1985) 3266
- 8- N. Margolus, Ann. N.Y. Acad. Sci. 480 (1986) 487
- 9- G. J. Milburn, Phys. Rev. Lett. 62 (1989) 2124
- 10- R. Feynman, Opt. News 11 (1985) 11
- 11- D. P. Di Vincenzo, Science 270 (1995) 255
- 12- S. Lloyd, Scient. Am. 273 (1995) 140
- 13- B. Schumacher, Phys. Rev. A 51 (1995) 2738
- 14- C. H. Bennett y D. P. Di Vincenzo, Nature 377 (1995) 3889
- 15- C. Monroe, D. M. Meekhof, B. E. King, W. M. Itano y D. J. Wineland, Phys. Rev. Lett. 75 (1995) 4714
- 16- J. Y. Cirac y P. Zoller, Phys. Rev. Lett. 74 (1995) 4091
- 17- Q. Turchette y J. Kimble, Phys. Rev. Lett. 75 (1995) 4710
- 18- B. Schwarzschild, Physics Today, March 1996, 21
- 19- R. W. Wagner, J. S. Lindsey, J. Am. Chem. Soc. 116 (1994) 9759
- 20- R. W. Wagner, J. S. Lindsey, J. Seth, V. Palaniappan y D. F. Bocian, J. Am. Chem. Soc. 118 (1996) 3996
- 21- B. Cibra, Science 272 (1996) 199
- 22- R. Landauer, Phil. Trans. R. Soc. London 353^a (1995) 367
- 23- S. Haroche y J. M. Raimond, Physics Today, August 1996, 51
- 24- A. Barenco, Contemp. Phys. 37 (1996) 375
- 25- D. Di Vincenzo, Physics World, March 1996, 27
- 26- P. Shor, Phys. Rev. A 54 (1996) 1098
- 27- A. Steane, Phys. Rev. Lett. 77 (1996) 793
- 28- K. Mattle, Phys. Rev. Lett. 76 (1996) 4656
- 29- B. Huttner, Physics World, October 1996, 20
- 30- C. H. Bennett, G. Brassard, C. Crépeau, R. Jozsa, A. Peres y W. K. Wootters, Phys. Rev. Lett. 70 (1993) 1855
- 31- C. H. Bennett y S. J. Wiesner, Phys. Rev. Lett. 69 (1992) 2881
- 32- S. Lloyd, Science 273 (1996) 1073
- 33- J. Y. Cirac, T. Pellizzari y P. Zoller, Science 273 (1996) 1207
- 34- Y. L. Chuang, R. Laflamme, P. W. Shor y W. H. Zurek, Science 270 (1995) 1633
- 35- R. Graham, D. E. Knuth y O. Patashnik, Concrete Mathematics, Addison-Wesley, Reading, MA, 1994
- 36- P. Benioff, Phys. Rev. A 54 (1996) 1106
- 37- M. Plenio, V. Vedral y P. Knight, Physics World, October 1996, 19
- 38- G. Taubes, Science 273 (1996) 1164
- 39- Physics Today, August 1995, p. 17
- 40- A. Barenco, D. Deutsch, A. Ekert y R. Jozsa, Phys. Rev. Lett. 74 (1995) 4083
- 41- La Recherche, Mars 1996, p. 14

Se presentan aquí las características salientes de un reciente trabajo desarrollado para el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, en la Universidad de Illinois, Urbana-Champaign. El mismo fue elaborado a instancias de la creciente preocupación existente por la preservación y protección del medio ambiente, y consistió en el desarrollo de una herramienta ingenieril moderna que evalúa la capacidad de ríos y canales con una cubierta vegetal para transportar sedimento en suspensión, incorporando conceptos actualizados de mecánica de fluidos computacional y turbulencia. A tal fin se implementó primero una extensa serie de trabajos experimentales de laboratorio, única en su tipo, que permitió obtener suficiente información para una mejor comprensión y descripción de la estructura del flujo de agua en presencia de plantas, para permitir de esta manera una cabal evaluación de los procesos de transporte asociados a través de un modelo numérico de turbulencia.

NUEVAS HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DE PROCESOS DE TRANSPORTE EN CANALES CON VEGETACIÓN

Por Fabián López (*)

Históricamente los ingenieros civiles e hidráulicos han considerado la presencia de vegetación en ríos y canales abiertos únicamente desde el punto de vista de la resistencia al flujo (Figura 1.), y por lo tanto se ha tratado de limpiar los mismos a fin de incrementar su capacidad de conducción. Dicha actitud hacia la presencia de plantas expli-

ca claramente porqué la gran mayoría de las investigaciones se concentró hasta el momento, primordialmente en la estimación de leyes de resistencia a escurrimiento y de distribuciones de velocidades medias, en la determinación del porcentaje de la fuerza total del flujo tomado por el fondo del canal y aquel tomado por las plantas, etc.



Figura 1 - Canal con cubierta vegetal

(*) El Ingeniero Fabián López egresó de la Universidad Nacional de Córdoba y es Master of Science y Ph.D. en Ingeniería Civil de la Universidad de Illinois (EE.UU.). Su especialidad es al hidráulica experimental, la mecánica de fluidos computacional, la turbulencia y los procesos de transporte. Desarrolla sus actividades en el Instituto Nacional del Agua y del Ambiente y en la Universidad Nacional de Córdoba.

Con el paso del tiempo, sin embargo, la vegetación en ambientes acuáticos ha alcanzado un nuevo status (principalmente en los países desarrollados), y la misma hoy en día no es sólo considerada como una mera obstrucción al movimiento del agua, sino que se realzan sus propiedades como estabilizadora de márgenes, como hábitat y alimento para especies animales, como un irremplazable elemento paisajístico en el uso recreacional de zonas aledañas a los canales, etc. Todas estas propiedades, unidas a la creciente importancia asignada a la conservación de nuestro medio ambiente, ha derivado en que la preservación del manto vegetal se considere actualmente de gran relevancia para la ecología del sistema fluvial. Sin embargo, estas preocupaciones de índole ambiental no siempre se han visto acompañadas de estudios e investigaciones que permitan una mayor comprensión y caracterización de aquellos procesos de transporte (de sedimentos, contaminantes, agentes químicos, etc.) en condiciones naturales. Es así que, lamentablemente, aquí como en otras áreas, las preocupaciones ambientales por alcanzar un desarrollo sustentable no siempre han tenido una contrapartida en la ejecución de obras, en el desarrollo de modelos, en la planificación de nuestros recursos, ni en la evaluación de impactos ambientales. Como consecuencia de lo anterior, muchos de los argumentos en pro de la importancia de preservar la vegetación en canales se basan en evaluaciones cualitativas de las propiedades de las mismas, lo que obviamente atenta contra la seriedad que su consideración merece. Todas estas preocupaciones por acercar los aspectos técnicos a consideraciones ambientales en el área de la ingeniería hidráulica, han exigido últimamente el desarrollo de herramientas ingenieriles que permitan obtener evaluaciones cuantitativas para, por ejemplo, estimar el transporte de contaminantes y sedimentos, evaluar impactos ambientales, estudiar diferentes alternativas de diseño, y optimizar el manejo y control de nuestras cuencas hídricas. Sin embargo, y pese al desarrollo reciente de algunos modelos concep-

tuales basados primordialmente en hipótesis considerablemente simplificadas, éstos se han visto beneficiados muy poco del avance del conocimiento en otras áreas de la ciencia. Más aún, en general, la ingeniería hidráulica de ríos y canales ha incorporado poco de los recientes, numerosos e importantes resultados e investigaciones en el área de la turbulencia. Como consecuencia de ello no se cuenta con conocimientos suficientes para caracterizar los procesos de transporte en condiciones naturales, ni existen hoy en día modelos con base física que ayuden y guíen al ingeniero en la difícil empresa de incorporar la problemática ambiental a los proyectos técnicos.

De los anteriores planteamientos surge de manera clara el doble desafío del trabajo, ya que se requería la realización de investigaciones básicas experimentales para analizar y caracterizar la estructura turbulenta en el marco de concepciones científicas modernas e implementar a partir de estos resultados un modelo de neto corte práctico para su utilización en la evaluación de la capacidad de transporte de sedimentos.

El objetivo general del trabajo citado puede, por lo tanto, subdividirse en:

(a) investigar los efectos de la vegetación sobre las propiedades del flujo medio y la estructura de la turbulencia, y las implicaciones resultantes de esta estructura sobre los procesos de resuspensión, transporte y deposición de sedimento en ríos y canales;

(b) desarrollar un modelo numérico para simular con computadora no sólo la estructura del flujo, sino también la capacidad de transporte de sedimento fino en suspensión en presencia de vegetación.

Para lograr estos objetivos primero se implementó un extenso trabajo experimental de laboratorio, donde se instalaron sobre el fondo de un canal elementos que simulaban plantas tanto rígidas como flexibles, y mediante el empleo de tecnologías tradicionales y modernas se efectuaron numerosas mediciones de velocidad y fuerzas actuantes sobre el lecho. Estos datos experimentales, además de constituir una base de datos única por su nivel de de-

talle, fueron sumamente útiles a los fines de calibrar y verificar el modelo de simulación desarrollado, conjugando conocimientos provenientes de las ciencias atmosféricas con avances en la simulación numérica de flujos turbulentos a superficie libre. Sin embargo, previo a la descripción del trabajo propiamente dicho, resulta conveniente dedicar algunas líneas al fenómeno de la turbulencia y sus procesos de transporte.

¿Qué es la turbulencia?

Tal como sucede con muchos otros fenómenos naturales, es más sencillo enumerar las características de la turbulencia, que ensayar una definición completa de la misma donde se consideren todas sus propiedades. La palabra "turbulencia" y su significado vulgar se encuentra en la actualidad esparcido ampliamente en la población, quizás debido a los conocidos y muy temidos movimientos que experimenta una aeronave al cruzar ciertas zonas de nuestra atmósfera. Inicialmente, Osborne Reynolds, uno de los pioneros en el estudio y caracterización de flujos turbulentos, definió este tipo de flujo como "movimiento sinuoso". Por otra parte, una búsqueda bibliográfica actual en diccionarios de habla hispana e inglesa arrojaría como resultado sinónimos tales como agitación, conmoción, perturbación, etc. Si bien esto ayuda en la comprensión general del fenómeno de la turbulencia, no alcanza para abarcar todos sus significados en una visión moderna del mismo. Baste decir, al nivel del presente artículo, que un flujo turbulento se caracteriza por el hecho de que al medir la velocidad en un punto del mismo con un sensor adecuado a lo largo del tiempo, el resultado de las mediciones es variable y no constante en el tiempo. Esta variabilidad, opuesta a lo que sucede con un flujo más "tranquilo" o laminar, condujo a tratar de describir los mismos con herramientas estadísticas, hablando por lo tanto de valores medios, desvíos, asimetrías, etc. O sea, para caracterizar flujos turbulentos se emplean promedios a lo largo del tiempo; por ejemplo, en promedio la velocidad es

de tantos metros por segundo, o en promedio hubo tantos valores superiores a la media, y tantos valores inferiores a la misma, etc. Pese a que esta metodología (ya esbozada a fines del siglo pasado por el mismo O. Reynolds) resulta de suma utilidad en numerosos casos prácticos, veremos más adelante, que para una descripción más ingenieril de flujos turbulentos en presencia de plantas, los promedios en el tiempo son necesarios pero no resultan suficientes. En lo referido al presente trabajo, merece destacarse también que una de las propiedades más importantes de la turbulencia es la de inducir procesos de mezcla y transporte mucho más efectivos que en condiciones de flujo no-turbulento, o laminar. En efecto, es por todos sabido que cualquier contaminante (por ejemplo tinta china en una taza de agua) se mezcla más rápidamente si vigorosamente agitamos el fluido (con una cuchara por ejemplo), o sea si generamos variaciones de velocidad en el tiempo y en el espacio. La vigorosa agitación circular de una cuchara permite un rápido mezclado del azúcar depositada en el fondo de una taza de café. Estos sencillos pero claros ejemplos de mezcla turbulenta, permiten también asociar el fenómeno de la turbulencia a la existencia de vórtices o remolinos. Son precisamente estos procesos de mezcla, pero en presencia de plantas, los que se intentó modelar en el trabajo de referencia. En otras palabras, se buscó caracterizar la influencia de las plantas en la "agitación" del agua que permita transportar mayor o menor cantidad de sedimento en suspensión, extrayendo éste del fondo del río o canal.

Por último debe mencionarse que, no obstante la anterior descripción cualitativa de la turbulencia y sus propiedades, el movimiento de un fluido responde a descripciones cuantitativas, matemáticas, a través de expresiones analíticas en forma de ecuaciones de cierta complejidad, las cuales dificultan su resolución o modelación, tal como se detalla a continuación.

¿Cómo podemos modelar la turbulencia?

Debido a que el objetivo final del trabajo era el desarrollo de un modelo de simulación de procesos de transporte turbulentos, debió inicialmente seleccionarse un modelo que representara adecuadamente, de manera numérica, la estructura básica de la turbulencia en canales con vegetación. Es decir, un modelo que permitiese evaluar no sólo la variación de la velocidad media temporal (el promedio en el tiempo de la velocidad) en distintos puntos del flujo, sino también la de los otros estadísticos empleados para caracterizar la turbulencia. Debido a la complejidad propia de las ecuaciones que gobiernan la dinámica de flujos turbulentos, el camino más adecuado resultaba la modelación numérica. En este contexto, modelar numéricamente significa calcular el valor de estas complicadas expresiones en ciertos puntos del espacio, donde el conjunto de todos éstos puntos constituye la denominada grilla numérica.

Los caminos disponibles para resolver, mediante modelos numéricos la estructura de flujos turbulentos, son tres: (1) la simulación numérica directa (DNS); (b) la simulación de grandes vórtices (LES); y (c) la simulación de las ecuaciones promediadas de Reynolds (RANS). La primera alternativa (DNS) requiere la modelación completa de las ecuaciones que gobiernan el fenómeno (ecuaciones conocidas como de Navier-Stokes, debido a los pioneros trabajos de Navier, 1827, y Stokes, 1845, y que surgen de la aplicación de la segunda ley de Newton al caso de la dinámica de fluidos reales), para lo cual éstas se discretizan y resuelven numéricamente utilizando una grilla de cálculo lo suficientemente fina que resuelva las escalas más pequeñas de movimiento (los vórtices más diminutos). Entre las limitaciones más severas de esta vía merece destacarse que se requiere una grilla muy fina (puntos muy cercanos unos de otros) con un alto número total de nodos, lo que sumado al número de pasos de tiempo necesario arroja un alto costo computacional total (Piomelli, 1994). Se ha es-

timado, por ejemplo, que para calcular con esta metodología el caso típico de tuberías a presión en condiciones ingenieriles usuales, y usando computadoras especiales, se requeriría aproximadamente un tiempo total de 320.000 años (White, 1991). Debido a éstas y otras razones, la técnica de DNS se ha visto limitada a geometrías simples (placas planas, estelas, etc.) para números de Reynolds relativamente bajos, y su aplicación directa a problemas ingenieriles resulta improbable a corto plazo.

La segunda alternativa, LES, representa en cierta medida una técnica intermedia entre la simulación numérica directa de las ecuaciones de Navier-Stokes y la simulación de las ecuaciones promediadas de Reynolds, las que se detallan cualitativamente más adelante. La técnica de LES se basa en asumir que las escalas mayores de la turbulencia (los vórtices de mayor tamaño) resultan directamente afectados por las condiciones particulares de cada problema, mientras que las escalas menores (los vórtices más diminutos) obedecen a una dinámica con características homogéneas, de tipo universal, independiente de las especificaciones de cada situación y su contorno. Por lo tanto, esta técnica resuelve de manera exacta las estructuras mayores (los grandes vórtices) y modela las escalas menores. Pese a su relativa reciente aparición, esta alternativa se ha constituido paulatinamente en una técnica muy promisoriosa para el cálculo de flujos turbulentos de interés ingenieril, proveyendo soluciones en tres dimensiones de las ecuaciones de Navier-Stokes a números de Reynolds considerablemente más elevados que en la técnica DNS.

El último de los caminos para la modelación de flujos turbulentos, RANS, ha sido sin dudas el más explorado por la hidráulica a lo largo de este siglo (Rodí, 1984), y numerosos modelos, de diferente complejidad, han sido propuestos con el objetivo de resolver problemas prácticos. Esta aproximación se basa en la propuesta original de Reynolds (1895) de reemplazar en las ecuaciones de Navier-Stokes el valor instantáneo y fluctuante de la velo-



dad por la suma de su valor medio más una fluctuación, y luego promediar en el tiempo las ecuaciones resultantes. La dificultad inherente de esta metodología es el bien conocido problema del cierre de la turbulencia, ya que como resultado final de la operación indicada se obtienen más incógnitas que ecuaciones, mientras que matemáticamente es indispensable contar con igual cantidad de incógnitas que ecuaciones para que el problema pueda ser resuelto. Cabe mencionar que pueden, sin embargo, derivarse ecuaciones diferenciales exactas para estas nuevas incógnitas (conocidas como esfuerzos de Reynolds), las que lamentablemente presentan nuevas incógnitas de orden superior, y así sucesivamente, con lo cual el problema debe ser solucionado o "cerrado" recurriendo a otras hipótesis.

¿Cómo "cerrar" el problema de la turbulencia?

"El problema matemático de tener más incógnitas que ecuaciones se soluciona agregando ecuaciones". Por más sencilla que ésta afirmación parezca, es en última instancia la metodología subyacente a todas las soluciones propuestas. La mayoría de ellas se basa en asumir que los vórtices de este proceso de mezcla y transporte turbulento poseen una dimensión (longitud de mezcla) y una velocidad característica, y proceder por lo tanto a calcular estas escalas en el espacio/tiempo, con lo que se "cierra" el problema. Esto último puede efectuarse de varias maneras, ya sea a través de hipótesis que no requieran ninguna ecuación adicional de transporte (modelos de cero ecuación, como la conocida longitud de mezcla de Prandtl), que necesiten una ecuación de transporte (modelos de una ecuación) o dos ecuaciones (modelos de dos ecuaciones).

Modelos de dos ecuaciones: Estructura del modelo $k-\epsilon$

En este trabajo nos referiremos concretamente al último camino indicado en el párrafo precedente, es decir emplear dos ecuaciones adicionales de transporte para calcular en el espacio/tiempo las escalas de longitud y velocidad de los vórtices dominantes de la turbulencia. Se hará uso, por lo tanto, de dos ecuaciones adicionales para estimar tanto el tamaño característico de los vórtices dominantes como la velocidad de mezcla asociada a los mismos. Dentro de esta metodología existen, a su vez, diversos modelos propuestos en la segunda mitad de este siglo, de los cuales el denominado $k-\epsilon$ es, sin ninguna duda, el más divulgado y empleado en el ámbito de la ingeniería hidráulica. Las bases conceptuales para la elaboración de este modelo parecen haber sido propuestas casi simultáneamente por dos de los más grandes exponentes de las escuelas de este siglo en el área, Kolmogorov (1942) y Prandtl (1945). En particular, el modelo conocido como $k-\epsilon$ se basa en desarrollar una ecuación adicional de transporte para la energía cinética de la turbulencia por unidad de masa (k) y otra para la tasa de disipación turbulenta de energía cinética (ϵ). Físicamente k puede asociarse a una velocidad, mientras que la combinación adecuada de k y ϵ provee una variable que puede asimilarse a una longitud, y por lo tanto conociendo el valor de ambas variables, puede estimarse el valor de las incógnitas adicionales que aparecen al promediar temporalmente las ecuaciones de Navier-Stokes. El problema se reduce entonces a desarrollar estas ecuaciones adicionales de transporte para k y ϵ . Sin pretender ahondar aquí en este tema, baste decir que ambas pueden ser derivadas de manera analítica, pero por cuestiones prácticas la mayoría de sus términos resultan modelados empleando

ciertos coeficientes semi-empíricos (Rodi, 1984). Para el problema que aquí nos atañe, la mayor dificultad radica no obstante en la correcta elaboración de estas ecuaciones cuando elementos tales como plantas se interponen al flujo de agua, lo cual nos conduce a la siguiente pregunta.

¿Cuáles son las principales características del flujo en canales con vegetación?

Una vez seleccionado el modelo a emplear para la simulación de la turbulencia y sus escalas, el inconveniente principal consistió en la ausencia de datos para obtener tanto una profunda comprensión del problema en estudio como una calibración/verificación del código numérico a emplear. En otras palabras, luego de una extensa búsqueda bibliográfica, se pudo constatar la inexistencia de observaciones tanto experimentales como de campo, de las cuales pudiese inferirse claramente la estructura espacial de la turbulencia en canales con vegetación. Aparentemente, al momento de iniciarse el mencionado trabajo sólo un grupo de investigación dirigido por el Dr. T. Tsujimoto en el Japón (Universidad de Kanazawa), se encontraba desarrollando trabajos experimentales de medición de variables turbulentas con plantas en canales de laboratorio. Debido a éstas limitaciones es que se tomó la decisión de llevar adelante un programa de trabajos de laboratorio propio destinado a la caracterización de la estructura del flujo medio y de la turbulencia en canales con cubierta vegetal simulada. Para ello se efectuaron dieciocho experimentos, doce de ellos con vegetación rígida y el resto con plantas flexibles, y se trabajó con cuatro densidades diferentes. La infraestructura empleada contó con la excelente combinación de técnicas de medición tradicionales (anemometría de película caliente unidimensional, HFA) y de avan-

zada (anemómetros acústicos Doppler tridimensionales, ADV), así como modernos equipos de visualización entre los que se encontraba una cámara de video de alta velocidad, de hasta 1000 marcos por segundo en pantalla completa o 6000 marcos por segundo en pantalla dividida. La correcta sincronización en la adquisición de datos provenientes de todos estos equipos permitió medir velocidades instantáneas (a una tasa de 25 Hz o 500 Hz - 25 o 500 datos por segundo, respectivamente- según se trate del ADV o del HFA) y esfuerzos de corte en fondo del canal (500 Hz), correspondiéndose cada uno de estos datos con una imagen adquirida con el equipo de video (García et al., 1995). Para la obtención de estadísticos representativos se adquirieron datos en un mínimo de cuatro verticales, con diez puntos de medición en cada vertical, y un mínimo de duración de 200 segundos en cada registro individual. De lo anterior puede claramente estimarse la magnitud del problema de manejo/archivo de información, donde sólo del sensor de película caliente unidimensional se obtuvieron 500Hz x 200 seg. x 4 verticales x 10 puntos = 4 millones de datos por cada experimento. El procesamiento de la información obtenida proveyó una descripción única y detallada de la estructura de variables de flujo medio y turbulentas, que permitió contar con una irremplazable base de datos para el desarrollo del modelo numérico (López, 1997). Toda esta información experimental permitió, asimismo, visualizar en forma clara la estructura de la turbulencia en presencia de plantas y

sus mecanismos dominantes. Entre los principales resultados de las observaciones experimentales merece destacarse la posibilidad de evaluar la variación espacial de las mediciones, así como la influencia de esta variación en los modelos de transporte. En efecto, las variables principales (velocidad) mostraban no sólo variaciones en el tiempo para un lugar de medición fijo, sino también variaciones en el espacio para un tiempo fijo. Es decir, tal como se indicó anteriormente, un sensor localizado en cualquier punto del flujo arroja valores fluctuantes en el tiempo. Pero además, si tomásemos una foto instantánea observaríamos también variaciones en el espacio, aún entre puntos homólogos del flujo (ver puntos 1, 2 y 3 de la Figura 2). Todo lo anterior obligó entonces a que el modelo desarrollado se basara no sólo en los clásicos promedios temporales sino también en valores medios espaciales. Para ello se empleó una metodología propuesta en el año 1982 por Raupach y Shaw, para flujos atmosféricos, lo que (a juicio de los autores) constituye la primera aplicación de un modelo de estas características a canales con vegetación.

Estructura del Trabajo

La estructura básica del trabajo desarrollado constó sintéticamente de cuatro módulos, donde (a) primero se simuló la estructura de la turbulencia en canales sin vegetación; a continuación (b) se modeló la distribución y capacidad de transporte de sedimento en suspensión para canales también sin cubierta vegetal; luego (c) se simuló numéricamente la estructura media (en el espacio y el tiempo) de la turbulencia en canales con vegetación simulada, empleando para la calibración y verificación del modelo los resultados de las observaciones experimentales propias; y (d) finalmente se empleó el modelo para estimar el transporte de sedimento fino en suspensión en canales con

plantas (López y García, 1996, 1997).

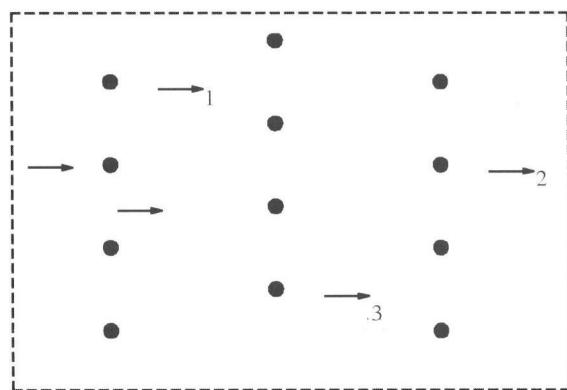


Figura 2 - Representación esquemática de flujo en presencia de vegetación

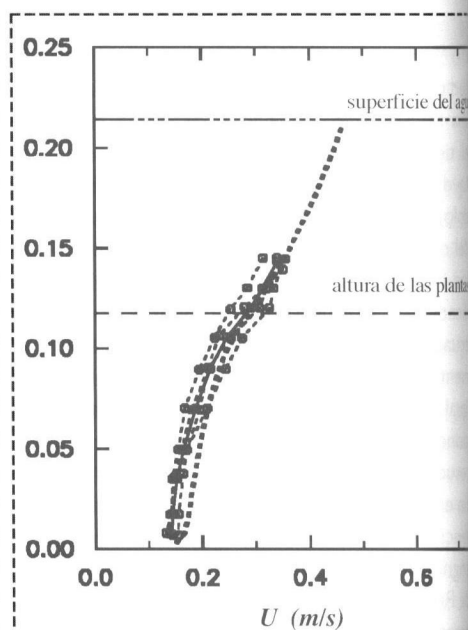


Figura 3 - Perfil vertical de velocidades

Presentación y Análisis de Resultados Obtenidos

A continuación presentaremos brevemente los resultados más relevantes del estudio. En todos los gráficos que a continuación se presentan, los símbolos representan observaciones experimentales, mientras que las líneas indican resultados de la modelación numérica. La Figura 3 ilustra comparaciones entre perfiles medidos de velocidades medias (variación de la velocidad media en una vertical) y los calculados por el modelo para condiciones de densidad de plantas, caudal y pendiente del canal dadas. Puede observarse claramente cómo el programa desarrollado permite estimar razonablemente la variación de la velocidad media (espacial y temporal) en la vertical lo cual fue ratificado para todas las condiciones experimentales ensayadas. Más aún, el modelo permitió también la estimación de otros estadísticos usualmente empleados en la caracterización de la turbulencia. A tal efecto se ilustran en la Figura 4 los valores observados y calculados de la intensidad de las fluctuaciones longitudinales

u. De particular importancia resulta la posibilidad de modelar satisfactoriamente otras variables turbulentas

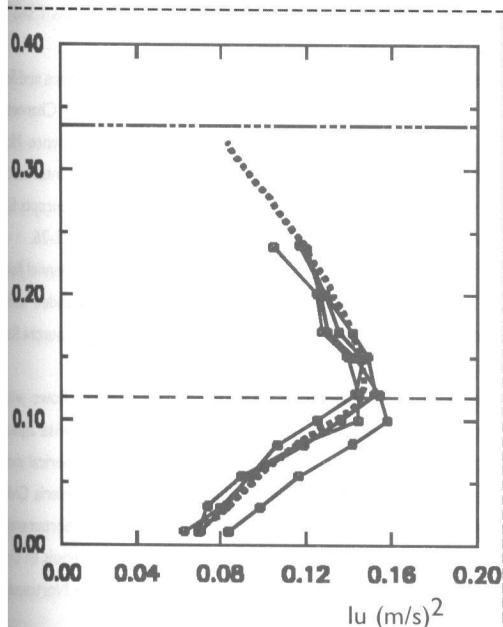


Figura 4 - Perfil de intensidades de fluctuación longitudinal turbulenta de velocidades

por h_p/u_* , es decir que luego de esta multiplicación el valor resultante no posee dimensiones. La variable u_* es conocida como velocidad de corte y es igual a la raíz cuadrada del esfuerzo de corte (fuerza por unidad de área) en el lecho del canal dividido por la densidad del agua.

En la ingeniería hidráulica es práctica usual estimar la capacidad de un río o canal para transportar agua en términos de un parámetro de resistencia denominado coeficiente de Manning, n (en honor a los pioneros trabajos en el tema desarrollados por Robert Manning, 1846-1897). Empleando el modelo desarrollado pudieron efectuarse los cálculos necesarios, y la Figura 6 muestra estimaciones de la variación de este coeficiente de resistencia para distintas densidades de vegetación, λ resultados que coinciden con observaciones de campo reportadas en la literatura (Freeman et al, 1994).

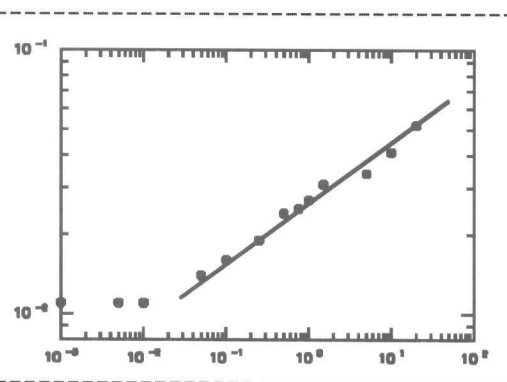


Figura 6 - Variación del coeficiente de resistencia de Manning, n , con la densidad de vegetación, λ

que juegan un importante rol en procesos de transporte, como por ejemplo los diferentes términos de la ecuación de balance de la energía cinética turbulenta. En efecto, el balance local de la energía cinética de la turbulencia presenta un aproximado equilibrio entre la producción (P), el transporte (T) y la disipación viscosa de energía (ϵ). La Figura 5 presenta las comparaciones entre valores medidos y modelados, correspondientes a los términos más significativos de la ecuación de conservación de energía cinética turbulenta. En este gráfico h_p representa la altura de la vegetación, de tal manera que $z/h_p = 1.0$ corresponde al tope de las plantas. Asimismo P representa la producción de energía cinética; T el transporte turbulento de energía cinética; y ϵ la disipación viscosa de esta energía. En abscisas el término $(.)h_p/u_*^3$ indica que los valores medidos y calculados de P , T y ϵ se encuentran expresados en forma adimensional al multiplicarlos

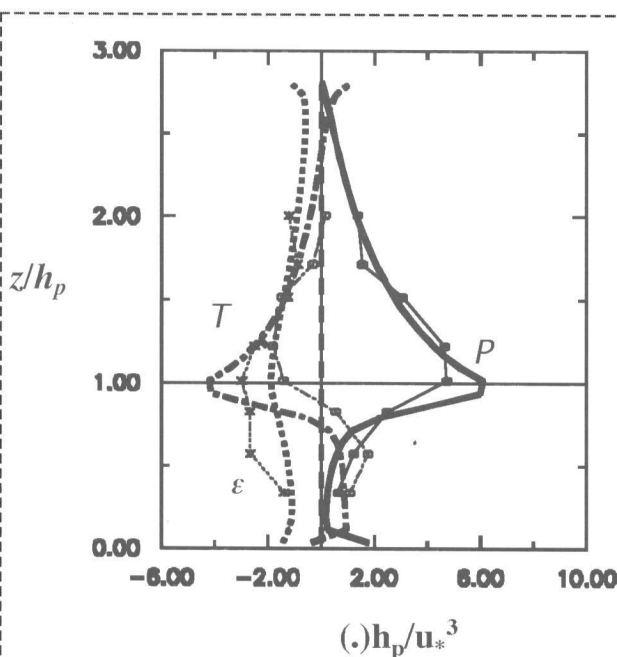


Figura 5 - Perfiles de términos dominantes en el balance de energía cinética turbulenta

Una vez cumplidas las tres primeras etapas o módulos se procedió finalmente a estimar el transporte de sedimentos en suspensión en presencia de vegetación resolviendo para ello la ecuación vertical de difusión de sedimento. Ello permitió calcular perfiles

verticales de distribución de concentraciones, y la capacidad total de ríos con plantas para transportar material en suspensión para diferentes densidades y tamaño de plantas, pendientes, profundidades, etc. Los resultados del modelo se compararon con algunas de las pocas bases de datos existentes en la literatura (Tollner et al., 1982). En general los cálculos mostraron una adecuada representación de las observaciones experimentales, y por lo tanto se procedió a implementar un vasto trabajo de "experimentos numéricos" donde se calculó la capacidad de transporte ante variadas y diferentes condiciones del canal, de densidad de plantas, de tamaño de sedimento, etc. A título de ejemplo de las potencialidades del modelo desarrollado, la Figura 7 ilustra resultados correspondientes a la disminución en la capacidad de transporte de material fino en suspensión con el aumento de la densidad de plantas. En esta figura q_{sveg} y q_{s-oc} representan la capacidad de transporte con y sin vegetación, respectivamente, mientras que H_a representa -

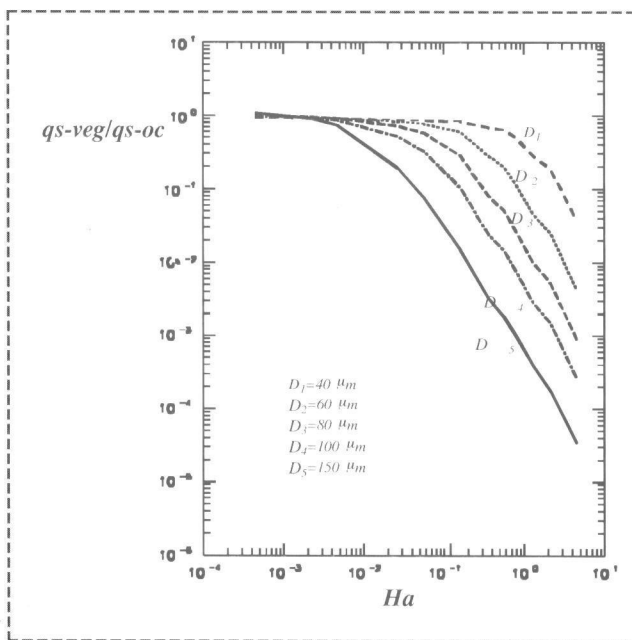


Figura 7 - Disminución de la capacidad de transporte con el incremento de la densidad de vegetación para diferentes diámetros de sedimento. qs-veg: capacidad de transporte con plantas; qs-oc: capacidad de transporte sin vegetación

una medida de la cantidad de plantas por unidad de superficie del lecho del río. De esta forma, $(qs-veg)/(qs-oc) = 1.0$ indica que la capacidad de transporte de sedimento en suspensión es la misma con o sin plantas (es decir que el efecto de la vegetación resulta despreciable), mientras que a medida que el valor de $(qs-veg)/(qs-oc)$ disminuye, esto implica que las plantas influyen de manera más decisiva sobre el transporte en suspensión. Nótese que la figura indica no sólo el importante rol de la densidad de vegetación, sino también del tamaño de sedimento transportado. Por ejemplo, para una misma densidad $Ha=0.10$ el transporte en suspensión para un diámetro de $60\ \mu m$ es el 80% del que ocurriría sin plantas, mientras que resulta sólo del 10% de $qs-oc$ para un diámetro de $150\ \mu m$.

Resumen y Conclusiones

El modelo numérico de turbulencia desarrollado, basado en un esquema de cierre del tipo k-ε, ha demostrado representar con apreciable fidelidad la compleja estructura de la turbulencia

observada en canales de laboratorio con vegetación simulada tanto rígida como flexible, lo cual constituye la base necesaria para cualquier cálculo de las propiedades de transporte de la turbulencia. A partir de ello, perfiles de concentración relativa y capacidad de transporte de material fino pudieron ser calculadas consistentemente para diferentes densidades de vegetación, condiciones hidráulicas del canal y distintos tamaños de sedimento. Debido a su versatilidad y universalidad, el mencionado modelo constituye, por lo tanto, una promisorio herramienta

ingenieril para el estudio, caracterización y control de flujos turbulentos en cauces con vegetación, así como de los procesos de transporte de contaminantes asociados, lo cual permite incorporar importantes elementos de análisis a la evaluación ambiental de ríos y canales con cubiertas vegetales.

Agradecimientos

Los autores del trabajo a que hace referencia el presente artículo desean manifestar su agradecimiento al Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, Waterways Experiment Station, por el apoyo otorgado a través del subsidio DACW39-94-K-0010, con el Ing. B. Hall como oficial de proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Freeman G.E., Hall B.R. and Abraham D.D. (1994). "Flow resistance and sediment retention for bulrushes in wetland environments". ASAE Conf.
- García M., López F. and Niño Y. (1995) "Characterization of near-bed coherent structures in turbulent open channel flow using synchronized

high-speed video and hot-film measurements". Experiments in Fluids 19, 16-28.
- Kolmogorov A.N. (1942) "Equations of turbulent motion of an incompressible fluid". Izv. Akad. of Sci., USSR; Physics, Vol. 6, Nos 1 and 2, 56.
- López F. y García M. (1996) "Turbulence and Sediment Transport in Vegetated Open Channels: A Numerical Simulation using Two-Equation Turbulence Models". Anales de RIVERTECH96. First International Conference on New/Emerging Concepts in River Engineering. Chicago, Illinois, September 22-26.
- López F. y García M. (1997) "Open-channel flow through simulated vegetation: Suspended sediment transport modeling". Water Resources Research, Vol. 34, No. 9, pp. 2341-2352.
- López, F. (1997) "Open-channel flows through roughness elements of different spanwise aspect ratios: turbulence structure and numerical modeling". Tesis de Doctorado en Ingeniería Civil. Laboratorio de Hidrosistemas. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Illinois en Urbana-Champaign. Estados Unidos de Norteamérica.
- López F. y García M. (1997) "Open-channel flow through simulated vegetation: Turbulence modeling and sediment transport". Reporte del Comité de Ingenieros de los EEUU. Contract Report DACW39-94-K-0010. Work Unit 32751. Wetlands Research Program.
- Piomelli, U. (1994) "Large-eddy Simulation of Turbulent Flows". Reporte del Departamento de Mecánica Teórica y Aplicada. Universidad de Illinois, Urbana-Champaign. No. 767. UIUC-Engineering Research Center Report 94-6023.
- Prandtl L. (1945) "Über ein neues Formelgesetz für ausgebildete Turbulenz". Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math-Phys. Kl. 6.
- Raupach M.R. and Shaw R.H. (1982) "Average procedures for flow within vegetation canopies". Bound.-Layer Meteorol 22, 79.
- Rodi, W. (1984) "Turbulence Models and their Application in Hydraulics". Monografía de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas, AIHH, 104 pp.
- Tollner E.W., Barfield B.J. and Hayes J.C. (1982) "Sedimentology of erect vegetal filters". J. Hydr. Div, ASCE, 108 (12), 1518.
- Svensson, U. (1986). "Program for Boundary Layer in the Environment". Swedish Meteorological and Hydrological Institute. S-601 76.
- White, F.M. (1991). "Viscous Fluid Flow". McGraw-Hill, Inc. 614 pp.

La actividad del hombre amenaza la diversidad de especies, de las cuales depende para seguir contando con los servicios de la Naturaleza, los cuales, a su vez, posibilitan su existencia en la biosfera. Para que los servicios continúen en el tiempo, las funciones o procesos de los sistemas controlados por los seres vivos, no deberán modificarse sustancialmente. El cambio global (fragmentación de hábitats, sobrepastoreo, aumentos en la concentración de N) es una fuerza que disminuye la riqueza de especies en los ecosistemas. Si el hombre pudiera determinar la infraestructura mínima de los ecosistemas que permita que el flujo de energía y materia se mantenga sin alteraciones, podría predecir hasta qué punto su acción deberá reducirse. Sin embargo, no sólo el número de especies per se, sino que la identidad de las especies, el número y tipos de grupos funcionales, controlan el funcionamiento de los ecosistemas. Sólo conociendo las interacciones entre las especies y el rol de cada una de ellas, podremos decidir cuáles son esenciales para el sostenimiento de los servicios.

CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD:

Su relación con los servicios de la Naturaleza

Por Martín M. Vila Aiub (*)

El soporte de la vida del hombre, está basado en la existencia de un flujo de energía, materia e información en todos los ecosistemas del planeta. De esta manera, la actividad humana depende de productos tales como fibra, antibióticos, leche, proteínas, lana, entre otros, que ofrece la Naturaleza (Sala y Paruelo, 1997). Es así como las regiones templadas, en donde los pastizales fueron convertidos en áreas de actividad agropecuaria, son fuente del

90% de la totalidad de alimentos que el hombre consume (Waggoner, 1984). Sin embargo, la existencia del hombre, también depende de procesos que permiten el mantenimiento de la composición gaseosa de la atmósfera, la circulación de nutrientes, la regulación del clima, la conservación de los suelos y el control del ciclo hidrológico, entre otros. Dichos servicios de la Naturaleza, así se ha denominado a estos procesos, operan en un amplio rango en



Foto 1: El funcionamiento de los ecosistemas depende de la existencia de diversidad biológica. En la foto se observa el bosque nativo de *Araucaria araucana* (Pehuén) junto a las comunidades de herbáceas asociadas. (Foto Ing. Agr. Diego Ferraro)

(*) El Ingeniero Agrónomo Martín Vila Aiub es Ayudante de 1° y becario de Investigación de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Desempeña sus tareas en el Departamento de Ecología de la Facultad de Agronomía y en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA). Av San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina. E-mail: vila@ifeva.edu.ar

las escalas de tiempo y espacio (Daily et al, 1997).

Los mismos, al no poseer un valor de mercado son ignorados o subvaluados por el hombre. Si bien existen estudios (Constanza et al, 1997) que intentan valorizar monetariamente a dichos servicios, si consideramos que cada uno es irremplazable, su valoración debería ser infinita.

Los servicios de la Naturaleza son la resultante del ciclado de materia y energía de los ecosistemas. La estabilidad y eficiencia de dichos procesos depende de los organismos vivos, o de otro modo, de la existencia de diversidad biológica (Foto 1). De este modo, queda clara la íntima relación que existe entre los servicios, el funcionamiento y la biodiversidad de los ecosistemas.

PROBLEMÁTICA ACTUAL

En la actualidad la población humana presenta la alarmante tasa de crecimiento anual de 1,8 % (PCC, 1989) y las proyecciones demográficas futuras indican una duplicación de la población hacia el año 2025. Se reconoce en el incremento de la población mundial y a la tasa en el uso de los recursos, como las fuerzas principales que dirigen el cambio global que está afectando al sistema Tierra (Vitousek, 1994). La alta concentración de CO_2 (dióxido de carbono) presente en la atmósfera, la alteración del ciclo global del N (nitrógeno) y los cambios en el uso de la tierra (deforestación, fragmentación de hábitats) (Foto 2), constituyen los componentes principales de ese cambio global, todos los cuales tienen un fuerte impacto en la diversidad de especies y en el funcionamiento de los ecosistemas (Vitousek, 1994). Como especie integrante y dominante de la biosfera, el hombre representa el factor con mayor poder disturbador y modificador de ambientes. Ese poder ha llevado a la pérdida de diversidad biológica en los ecosistemas. Raven (1988) estimó que la tasa actual de extinción de las plantas vasculares es de 5 especies por día, la cual excede la tasa de evolución de nuevas especies (Lawton y May, 1995). La diversidad

biológica, no sólo es amenazada a través de la destrucción física del hábitat de las especies, sino también a través del cambio global que opera en nuestro planeta, quedando de manifiesto que todos los sistemas están siendo alterados por la actividad humana (Vitousek, 1994). En un futuro, el siglo XX será recordado como un período de extinciones masivas comparable con lo ocurrido hace 65 millones de años cuando la mayoría de las especies de la Tierra perecieron (Wolf, 1988).

A pesar del carácter biofilico de la especie humana (Wilson, 1984), el hombre todavía no reconoce el valor de la diversidad de especies, debido a que los programas de conservación requieren abandonar beneficios individuales a corto plazo por beneficios sociales o globales a largo plazo, lo cual está en conflicto con la naturaleza humana (Low y Heinen, en prensa). Debido a que la extinción de especies, dentro de un modelo estocástico (Gould, 1989), es un proceso irreversible, la actividad

del hombre amenaza su propio futuro y continuidad: amenaza la existencia de las mismas especies que lo mantienen en el sistema. Por lo tanto, el hombre debe resolver el dilema entre su desarrollo - progreso y la conservación de especies.

Es importante reconocer que existe un nivel mínimo de "infraestructura" de los ecosistemas que permite que los servicios no se vean alterados. El objetivo de este trabajo es, a través de una revisión de la literatura reciente, determinar el nivel mínimo de diversidad, que garantice el mantenimiento en forma estable de las funciones del ecosistema y por lo tanto, de los servicios de la Naturaleza. O de otro modo, hasta qué nivel de disturbio antrópico, el funcionamiento de los sistemas naturales continúa sin modificaciones. La pregunta a responder toma importancia desde que se conoce que la restauración de ecosistemas empobrecidos en número de especies, no siempre permite alcanzar el valor original. Esto se debe a que las propiedades de los ecosistemas no sólo representan la su-



Foto 2: Fragmentación del hábitat producida en Tafi del Valle (Tucumán). La agricultura en terrazas, las rutas y el asentamiento urbano, tienen impacto en muchos procesos ecológicos, los cuales sustentan los servicios de la Naturaleza. (Foto Ing. Agr. Diego Ferraro)

a de sus partes, sino que existen interacciones entre sus componentes, lo que lleva a pensar que no se trata solamente de conservar especies sino de preservar los sistemas (Pimm, 1993). Dentro de las posturas conservacionistas, encontramos a aquella con una visión antropocéntrica o utilitaria, la cual estaría de acuerdo, por ejemplo, en proteger solamente a las especies que otorgan un beneficio directo para la sociedad humana, como las 82 especies que constituyen el 90 % de la dieta de los hombres (Prescott-Allen y Prescott-Allen, 1990). Una visión totalmente opuesta, es aquella que podríamos denominar la conservación a ultranza, la cual propone que todas las especies del planeta son importantes y que poseen un valor per

se a la respuesta a la pregunta planteada en este trabajo, se basará en la teoría ecológica, la cual intenta fundamentar la conservación de especies, por la función que desempeñan en el ecosistema por su aporte vital a los servicios del mismo.

MODELOS CONCEPTUALES

Durante los últimos 20 años se han postulado varias hipótesis que predicen las consecuencias de la desaparición de seres vivos sobre el funcionamiento de los ecosistemas. Ehrlich y Ehrlich (1981) relacionaron en forma análoga, los remaches de la estructura de un avión con las especies de un ecosistema. De igual manera que la pérdida de remaches van debilitando la integridad del aeroplano, la extinción de especies altera en forma lineal procesos del ecosistema. Contrariamente, Lawton y Brown (1993) (hipótesis de redundancia) propusieron que la existencia de grupos funcionales es lo que mantiene la integridad de los ecosistemas, independientemente del número de especies: lo que importa es la existencia de productores, consumidores y descomponedores. Debido a que existen especies que se superponen en sus propiedades funcionales, la extinción de algunas es irrelevante para el flujo de materia y energía del ecosistema, hasta que por lo menos los grupos fun-

cionales* no desaparezcan. La comunidad científica ha puesto de manifiesto que también, existen especies con funciones únicas en un sistema, cuyo rol no puede ser reemplazado por ninguna otra especie. Así, la eliminación de estas especies claves, tiene un efecto muy grande sobre la composición específica y el funcionamiento de los ecosistemas (Bond, 1993).

Existen especies o grupos funcionales que, a diferencia de las especies claves que se caracterizan por tener múltiples interacciones con otras especies, concentran la mayor biomasa. La extinción de éstos, tendrá un mayor impacto sobre el funcionamiento del ecosistema, que si se ven afectadas especies raras o grupos funcionales con escasa biomasa (Sala et al, 1996).

BIODIVERSIDAD Y ESTABILIDAD

Una de las propiedades endógenas de los ecosistemas terrestres es su capacidad para resistir al cambio y su capacidad de recuperación luego de éste (Aber y Melillo, 1991). La relación que existe entre la riqueza de especies y la estabilidad del sistema que las contiene ha sido de gran debate entre los ecólogos durante mucho tiempo. Elton (1958) fue el primero en sugerir que sistemas poco diversos presentan una baja estabilidad ecológica. Sin embargo, May (1973) sostuvo que las dinámicas poblacionales son menos estables a medida que la diversidad aumenta. Esta aparente controversia se presenta porque la estabilidad puede estudiarse a diferentes niveles de organización ecológica: estabilidad poblacional, estabilidad de la comunidad y estabilidad del ecosistema.

En 1996, Tilman presentó resultados de un experimento a largo plazo sobre la hipótesis estabilidad-biodiversidad, que unifican las posturas de Elton y May. El autor encontró, a nivel comunidad, que la variabilidad en producción de biomasa en años normales y en años con perturbaciones (sequía extrema) es menor en sistemas con mayor biodiversidad. Más aún, la recuperación en biomasa a niveles pre-disturbio fue dependiente del número de es-

pecies que contenía cada sitio. A nivel poblacional, la variabilidad específica año por año siempre fue mayor en ambientes muy diversos. Esta paradoja (alta estabilidad de la comunidad y baja estabilidad de las poblaciones) se explica porque las especies difieren en su susceptibilidad al disturbio y porque existe una compensación por parte de las especies más tolerantes, vía competencia por los recursos liberados. A través de la competencia interespecífica, existe un recambio de especies cuando opera un estrés en el ambiente, de modo que las especies tolerantes compensan la pérdida de las susceptibles. Así, la respuesta promedio del sistema no se modifica. La probabilidad de encontrar especies tolerantes es mayor cuando la riqueza de especies en un sistema es alta. Los trabajos de Ellenberg (1954) y Mc Naughton (1977) apoyan estas ideas.

GRUPOS FUNCIONALES VS ESPECIES POR GRUPO

Las numerosas funciones que existen en los ecosistemas, tales como la productividad primaria, la mineralización de la materia orgánica y la retención de agua, son controladas por los organismos vivos. Ahora, conocer qué clase de biodiversidad controla la variabilidad de esas funciones, resulta de gran importancia para establecer cómo la disminución de la riqueza de especies afecta el funcionamiento de los ecosistemas. Naeem y Li (1997, 1998) observaron en un experimento de microcosmos la variabilidad en biomasa y densidad de la comunidad microbiana. Al aumentar la riqueza de especies dentro de cada grupo funcional, dichas variables de respuesta, que son el resultado de varias funciones del sistema, tuvieron una menor varianza. La mayor predictibilidad que observan con aumentos de redundancia, más que con niveles tróficos (en este ex-

* Como grupo funcional se entiende al conjunto de especies que comparten similares características fisiológicas-fenológicas y morfológicas, de modo de poseer un mismo rol ecológico. Es por eso, que dos grupos funcionales distintos pueden ser especies de diferentes niveles tróficos (autótrofos y descomponedores) o no (leguminosas y arbustos).



perimento
las distin-
tas funci-
ones
estaban
representa-
das por
los distintos
niveles trófi-

cos), la atribuyen a la mayor probabilidad de crecimiento compensatorio entre las especies. Mc Grady-Steed et al (1997), observaron que las variaciones en la producción de CO_2 en una comunidad microbiana son menores a medida que la riqueza aumenta. Anteriormente, en 1994, Naeem et al, manteniendo el número de niveles tróficos constante, encontraron que sistemas con mayor número de especies diferían en la fijación de CO_2 , en la retención de agua y en la productividad, con respecto a sistemas con baja riqueza de especies. Los autores señalaron, que como la cobertura y la arquitectura del canopeo también difería entre los tratamientos, posiblemente otros procesos eran afectados. En este último experimento y en el desarrollado por Tilman et al (1996), se observa que el incremento en el número de especies tiende a aumentar la productividad primaria neta y la retención de nutrientes. Esto es el resultado de la diferenciación de nichos, lo cual lleva a la complementariedad en el uso de recursos y a la complementariedad espacio-temporal que se observa en las distintas especies.

Sin embargo, Vitousek y Hooper (1993) encontraron que ante modificaciones en el número de especies, el contenido de materia orgánica de los suelos no variaba. Más aún, un incremento en la biodiversidad puede significar menor productividad (Rusch y Oesterheld, 1997).

Posteriormente, Tilman et al (1997) sostuvieron que el número de grupos funcionales presentes es más importante que el número de especies per se como determinante de ciertas funciones del ecosistema. Es así como, la productividad, el contenido de N en tejidos y el % de luz alcanzado a nivel del suelo, entre otros, era explicado en mayor proporción por la diversidad de grupos funcionales. En este mismo trabajo y en otro desarrollado por Hooper y Vitousek (1997), se destaca que la identidad de los grupos funcionales es también determinante de procesos del ecosistema. Así como las leguminosas y las especies C4 afectaban en mayor proporción la productividad y la penetración de luz, a igualdad de gremios o grupos funcionales, las pioneras anuales redujeron el contenido edáfico de N inorgánico a los niveles más bajos. El efecto de complementariedad que se da con numerosas especies sobre el funcionamiento del ecosistema, puede ser reemplazado por la presencia de una o pocas especies dominantes.

EFFECTOS DEL CAMBIO GLOBAL SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES

Anteriormente se comentó cuáles eran los factores que estaban generando el cambio global de nuestro planeta. El hombre está cambiando la disponibilidad del dióxido de carbono (CO_2) atmosférico. Esto significa que existe una nueva presión de selección en el ambiente, que favorece a especies que responden con aumentos de productividad, como las C3* (Bazzaz, 1990). Las especies de este grupo funcional, producen tejidos con una alta relación C/N, lo cual modifica la tasa de consumo y la mortalidad de muchos herbívoros (Fajer et al, 1991).

El uso de tierras para pastoreo, es otra fuerza selectiva que modifica la composición específica y estructura de los ecosistemas (León y Aguiar, 1985). Durante este siglo el hombre, a través de las fertilizaciones, el cultivo a gran escala de especies leguminosas y la combustión, ha aumentado la cantidad de nitrógeno (N) disponible para todos los seres vivos. Este cambio en el ciclo biogeoquímico del N tiene grandes efectos sobre los ecosistemas, sobre todo, si consideramos que bajo la limitación de este mineral, se produjo la adaptación de numerosas especies vegetales y animales.

Aumentos en la disponibilidad de nitrógeno lleva a la reducción de la riqueza de especies, tanto en ambientes terrestres (Tilman, 1987), como acuáticos (Howarth et al, 1996). El primer autor señala que el máximo número de especies se da cuando el nivel de nitrógeno como oferta ambiental es intermedio lo cual permite la coexistencia. En los extremos del gradiente ambiental hay desplazamiento competitivo. En ambientes ricos en nitrógeno serán favorecidas sólo aquellas especies con máximas tasas de crecimiento para esos niveles de recurso. Cabe aclarar, que la oferta de N, a causa del cambio global, también aumentará en los sistemas pobres en ese factor, lo cual llevará también a la reducción de la diversidad entre comunidades.

Tilman (1996) encontró que a medida que el N disponible para las plantas aumenta, se produce un reemplazo de grupos funcionales: las C3 y especies leñosas desplazan a las C4 y leguminosas.

Adiciones de N no sólo afectan la actividad de los fijadores simbióticos, sino que el número, por ejemplo de hongos ectomicorríticos, también disminuye (Arnolds, 1991); las poblaciones de consumidores y descomponedores, también son afectadas, como consecuencia de la mayor oferta ambiental de N (Mattson, 1980).

La actividad del hombre produce la fragmentación de los hábitats natura-

* Las especies vegetales carbono 3 son aquellas que poseen únicamente el ciclo de Calvin como ruta metabólica fotosintética.

les, con consecuencias sobre el número de especies existentes. En pequeños y aislados fragmentos de bosques la pérdida de especies se acentúa (Laurance y Bierregaard, 1997). La deforestación en la selva del río Amazonas, cuya tasa ha sido estimada en 21000 km² por año (INPE), ha cambiado el paisaje del bioma, resultando en islas de selva tropical rodeadas por un mar de áreas descubiertas o pasturas. Si los fragmentos son menores a 36 ha la diversidad de termitas, pájaros, mariposas, primates, palmeras y escarabajos se reduce dramáticamente. Cabe aclarar que para algunos taxones (hormigas cortadoras de hojas y ranas), se produce un incremento en el número de especies (Pimm, 1998). El manejo de la biodiversidad deberá entender por qué algunas especies y otras no, son afectadas por la fragmentación del paisaje.

COMPOSICION ESPECIFICA DEL ECOSISTEMA

A continuación se intentará ejemplificar cómo cambios (cuali y cuantitativos) en la composición de especies, a causa del nuevo escenario ambiental (altas concentraciones de N, CO² atmosférico, tierras de pastoreo continuo), pueden afectar procesos o funciones del ecosistema.

Nitrógeno – Cambios en la biodiversidad, como consecuencia del aumento de este mineral, tiene implicancias en el uso de recursos y consecuentemente en la pérdida de los mismos. Tilman et al (1996) observaron que sistemas pobres en especies no hacen un completo uso del N inorgánico (NO³ y NH⁴) en la zona de raíces y que la pérdida por lixiviación es mayor, comparado con un sistema rico en especies. La pérdida de nitratos hacia capas más profundas del perfil edáfico a causa del proceso mencionado, generalmente es acompañada por otros minerales como, calcio, magnesio y potasio (Vitousek et al, 1997).

Aumentos en la concentración de N en los ecosistemas, disminuye la relación C/N de los tejidos de las especies, lo cual modifica la tasa de ciclado de los mismos (Vitousek, 1983). Diferen-

tes grupos funcionales (anuales y perennes) poseen distinta capacidad potencial de mineralización del N (Bolton et al, 1990).

Dióxido de Carbono - Ante aumentos en la concentración de este elemento, los descomponedores, vía vegetales con mayor contenido de carbono en sus tejidos, verán modificada su eficiencia en la mineralización de la materia orgánica (Norby et al, 1986).

Smith y Buddemeier (1992) señalan que la alta presión de CO² en la atmósfera, debilita la estructura de los corales, constituidos en una gran proporción por carbonato de calcio, con consecuencias todavía no conocidas sobre el funcionamiento del ecosistema.

Pastoreo - El reemplazo de algunos grupos funcionales por otros, producto de esta fuerza selectiva, nuevamente produce cambios en las funciones del sistema. Aguiar et al (1996) observaron una mayor evaporación, una menor transpiración y un mayor drenaje de agua hacia capas más profundas del perfil edáfico, como consecuencia del reemplazo de pastos por arbustos en la estepa patagónica. La dominancia de arbustos aumentó la reflectancia de la luz solar, y la rugosidad de la vegetación; mientras lo primero aumentó la temperatura máxima diurna, lo segundo modificó los intercambios en la interfase atmósfera-ecosistema.

En pastizales naturales, cambios en la dominancia de ciertos gremios, pastos anuales de crecimiento estival por dicotiledóneas de crecimiento invernal, pueden afectar también la productividad de los sistemas, aún sin cambios en la cantidad de grupos funcionales (Rusch y Oesterheld, 1997).

Otros datos empíricos (Sala y Paruelo, 1997), muestran que la reducción de la diversidad favorece la erosión de los suelos y modifica la calidad y cantidad de energía reflejada por la vegetación, lo cual puede afectar el clima a mesoescala.

Podemos afirmar que las fuerzas que dirigen la selección de especies, están cambiando radicalmente, llevando a la desaparición de algunas especies y/o cambiando la importancia relativa de las mismas en los ecosistemas de nues-

tro planeta. El nuevo escenario está dominado por altas concentraciones de CO², nitrógeno, alta incidencia de luz ultravioleta, aumentos de la temperatura y una alta frecuencia de disturbios (agricultura, pastoreo). De la combinación de todos esos factores, resulta un nuevo equilibrio en número e identidad de las especies vivientes, las cuales modifican cuali y cuantitativamente procesos del ecosistema, afectando finalmente los servicios que prestan.

ESPECIES CLAVES

Uno de los clásicos ejemplos es el que reporta Brown et al (1986), en el que la eliminación de una especie de roedor, no sólo afecta la riqueza de especies anuales de desierto, sino que significa cambios en poblaciones de hormigas y pájaros. La eliminación del árbol *Casearia corymbosa*, podría generar la extinción de especies de pájaros frugívoros y la de otras especies de árboles cuyas semillas son dispersadas por éstos (Gilbert, 1980). En una isla subantártica, la larva de una polilla (*Pringleophaga marioni*) favorece la mineralización de N y P. La introducción de un depredador de esa polilla, el ratón *Mus musculus*, produce la acumulación de turba, lo cual modifica la sucesión de especies a través de cambios en régimen hídrico (Smith y Steenkamp, 1990).

De esta manera, la diversidad específica y la estabilidad del ecosistema, dependen de la existencia de las especies claves.

BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS DE LA NATURALEZA

El conocimiento de la relación entre el número de especies necesarias y los servicios de la Naturaleza, es de vital importancia para diseñar estrategias de conservación de especies y así sustentar la vida del hombre en la biosfera. El nexo entre ambos es el funcionamiento de los ecosistemas: cambios en la biodiversidad, sólo producirán modificaciones en los servicios si el flujo de energía y materia es alterado en cantidad y calidad (Figura 1).

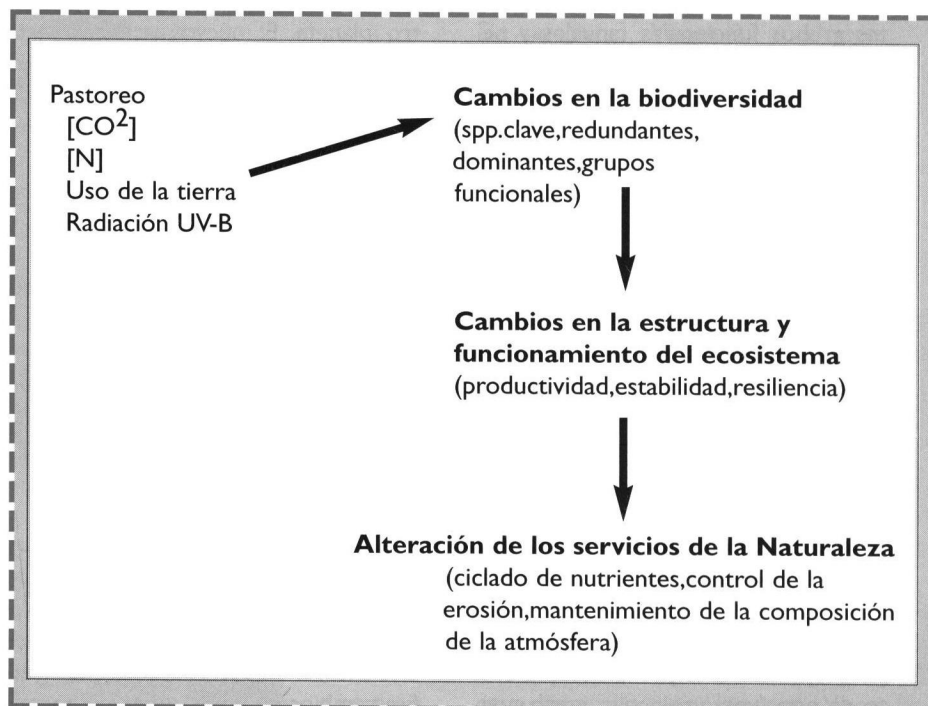


Figura 1: modelo conceptual que relaciona los componentes a considerar si el mantenimiento de los servicios debe ser constante.

Pero el conocimiento de la precedente relación, sólo será posible si antes podemos responder algunos interrogantes, a saber por el siguiente ejemplo. Supongamos una comunidad dominada por pastos y árboles, con sus correspondientes comunidades de herbívoros y descomponedores. Ante un incremento brusco en las cantidades de N inorgánico disponibles para los vegetales, varias especies (de ambas formas de vida) son eliminadas del sistema.

- Si los pastos eliminados fueran aquellos que producen metabolitos secundarios a través de la relación con hongos simbióticos endofíticos (Clay, 1996): ¿poseían dichos pastos, comunidades de descomponedores únicas en su habilidad para descomponer la materia orgánica?; la desaparición de la broza de esos pastos, ¿modifica la retención de agua del sistema?
- Si alguna especie de árbol desaparecida, regulaba la densidad poblacional de algún factor biótico adverso para las especies de árboles remanentes, ¿existe un efecto cascada sobre éstos? De ser así, ¿la comunidad de polinizadores se ve afectada?

- Las pocas especies dominantes en ambientes ricos en N, ¿reciclan dicho mineral de la misma manera que la mezcla de especies? Con la desaparición de algunas especies, ¿la lixiviación de nitratos, y la consiguiente contaminación de aguas subterráneas es la misma?

- ¿Cómo se afectará el ciclado de nutrientes a escala paisaje con la nueva composición específica de los ecosistemas?

- ¿Las especies tolerantes a la herbivoría, pueden compensar la disminución de la cobertura del suelo por la desaparición de especies por sobrepastoreo, y así reducir las pérdidas por erosión? O en forma más general: ¿en todos los ecosistemas la cobertura espacial que deja la extinción de una especie, es llenada por las especies remanentes y así el porcentaje de suelo desnudo permanece constante?

- Si cambios en la diversidad afectan la productividad de muchos ecosistemas, ¿la fijación de carbono como materia orgánica se modifica? ¿Puede sinergizarse el aumento de la cantidad de CO₂ en la atmósfera, a causa de alte-

rarse en forma cuantitativa los intercambios gaseosos entre la vegetación y la atmósfera?

CONCLUSIONES

Toda la reseña arriba mencionada, nos muestra que todas las especies no son iguales, y que por lo tanto, hasta el presente, no es posible determinar el mínimo número de especies que hacen funcional un ecosistema y consecuentemente permiten seguir brindando los servicios al hombre. Si nos concentramos en especies vegetales, vemos que existen diferencias morfológicas y fisiológicas, que llevan a poseer diferentes requerimientos de recursos, estacionalidad en el crecimiento y fenología. Por lo tanto, la pérdida de algunas especies tendrá un impacto mayor que otras, desde el punto de vista del funcionamiento del ecosistema, ya que diferentes procesos son afectados por diferentes especies o grupos funcionales. La pérdida de diversidad puede conducir a veces, a la pérdida de productividad y a la pérdida de estabilidad. Mientras algunos ensayos nos muestran que alguna de esas pérdidas pueden ser compensadas por las especies remanentes, otros nos dicen que las funciones de los ecosistemas responden distinto a la pérdida de especies.

La hipótesis de redundancia de especies, de la teoría de los remaches, de grupos funcionales y de identidad de los grupos funcionales, como determinantes de la funcionalidad de los sistemas terrestres, han sido postuladas por diversos autores. Sólo conociendo cuál de estos mecanismos predichos opera en cada ecosistema, o complicando más, cuál opera en cada función, permitirá definir el mínimo de diversidad. Cada ecosistema es único en grado y tipo de interacciones entre sus componentes bióticos y entre éstos y su ambiente. Sólo conociendo todas las interacciones, con sus tiempos de respuesta y retrocontroles, y todas las funciones que representan las distintas especies, podremos saber cuáles son las más triviales y así poder determinar el nivel de biodiversidad adecuado para que los servicios no sean alterados.

No cabe duda que ese conocimiento se desprenderá de estudios ecológicos de largo plazo, siendo esto la única forma de evitar respuestas transitorias (Tilman, 1989), y de descubrir alteraciones a nivel poblacional y comunidad con efectos a escala global o paisaje, lo que llevará finalmente, a descubrir especies irremplazables, desde el punto de vista funcional del sistema. Concluido este paso, se hace necesario el desarrollo de modelos que puedan predecir tanto cambios en los servicios como en la probabilidad de extinción de esas poblaciones, teniendo en cuenta los efectos del ambiente sobre la demografía, para así determinar un umbral de mínima densidad (Lande, 1988).

El criterio de prudencia es el más aconsejado en la conservación de especies, hasta que sepamos la función de las especies en cada sistema, debido a que todo el sistema que soporta la vida no da concesiones cuando se superan ciertos límites. Dentro de este criterio, la preservación de especies a través de la creación de reservas o el mantenimiento de ecosistemas pseudoprístinos cada vez más grandes, no debería ser la única opción. Si bien se evita con esto, la destrucción física e inmediata de los ecosistemas, el cambio global actualmente presente, tiene efectos sobre cualquier punto de la Tierra. Los criterios de conservación también deberían basarse en el conocimiento de las fuerzas que gobiernan el funcionamiento de los ecosistemas. Para que esto se cumpla, se hace necesario que los intereses económicos y políticos no dominen a las consideraciones científicas en el desarrollo e implementación de planes de conservación de la biodiversidad (Lande, 1988). Considerando invaluable el valor genético y cultural de las especies, no tendría sentido conocer el número de especies que siguen permitiendo el funcionamiento estable de los ecosistemas, porque siempre la disminución de la riqueza de especie, lleva a la pérdida de recursos genéticos, estéticos y de recreación (Pitelka, 1993).

El hombre además de la necesidad de alimento, requiere también que la relación CO_2 / O_2 de la atmósfera se man-

tenga constante, que el clima sea estable, y de la existencia de reservas de agua pura. Pero para que esas condiciones se perpetúen en el tiempo, la sociedad deberá encontrar la forma de integrarse al paisaje natural y manejarlo como un todo (Odum, 1969). Seguramente como dice Pimm (1993) el flujo de energía y materia puede continuar aún con una especie por nivel trófico; lo que también es altamente probable, es que muchos servicios de la naturaleza dejarán de existir.

LITERATURA CITADA

- Aber JD y Melillo JM, 1991. Terrestrial ecosystems. Saunders College.
- Aguiar MR, Paruelo JM, Sala OE y Lauenroth WK, 1996. Ecosystem responses to changes in plant functional type composition: an example from the Patagonian steppe. *Journal of Vegetation Science* 7:381-390.
- Arnolds E, 1991. Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 35:209-244.
- Bazzaz FA, 1990. The response of natural ecosystems to the rising global CO_2 levels. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21:167-196.
- Bolton H, Smith JL y Wildung RE, 1990. Nitrogen mineralization potentials of shrub-steppe soils with different disturbance histories. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:887-891.
- Bond W, 1993. Keystone species. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. (Ed Shulze y Mooney).
- Brown JH, Davidson DW, Munger JC e Inouye RS, 1986. Experimental community ecology: the desert granivore system. In *Community Ecology* (Ed Diamond, Case) Harper y Row.
- Clay K, 1996. Interactions among fungal endophytes, grasses and herbivores. *Res. Popul. Ecol.* 38:191-202.
- Constanza R, d'Agre R, de Groot R, Farber S, Gasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R, Paruelo J, Raskin R, Sutton P y Van den Belt M, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- Daily GC, Matson PA, Vitousek PM, 1997. Ecosystem services supplied by soil. In *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press
- Elleberg H, 1954. Über einige Fortschritte der kausalen vegetationskunde. *Vegetatio* 5/6:199-211.
- Elton CS, 1958. The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London.
- Fajer ED, Bowers MD y Bazzaz FA, 1991. The effects of enriched CO_2 atmospheres on the buckeye butterfly, *Junonia coenia*. *Ecology* 72:751-754.
- Gilbert LE, 1980. Food web organization and conservation of neotropical diversity. In *Conservation Biology: an evolutionary-ecological perspective* (Ed Soule, Wilcox) Sinauer.
- Gould SJ, 1989. *Wonderful Life*. Norton.
- Hooper DU y Vitousek PM, 1997. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science* 277:1302-1305.
- Howarth RW, Billen G, Swaney D, Townsend A, Jaworsky N, Lajtha K, Downing J, Elmgren R, Caraco N, Jordan T, Berendse F, Frenay J, Kudryavov V, Murdoch P y Zhu Zhao-liang, 1996. Regional nitrogen budgets and riverine N-P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences. *Biogeochemistry* 35:75-139.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) Deforestation rates for the Brazilian Amazon, 1995-1997.
- Lande R, 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241:1455-1460.
- Laurance WF y Bierregaard RO (eds) *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. (Univ. Chicago Press, 1997)
- Lawton J y Brown V, 1993. Redundancy in ecosystems. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. (Ed Shulze y Mooney).
- Lawton J y May R, 1995. *Extinction Rates*. Oxford University Press.
- León RJC y Aguiar MR, 1985. El deterioro por uso pasturil en estepas herbáceas patagónicas. *Phytocoenologia* 13:181-196.
- Mattson WJ, 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11:119-161.
- May RM, 1973. *Stability and complexity in model ecosystems*. Princeton University Press.
- Mc Naughton SJ, 1977. Diversity and stability of ecological communities: a comment on the role of empiricism in ecology. *American Naturalist* 111:515-525.
- McGrady-Steed J, Harris PM y Morin PJ, 1997. *Nature* 390:162-165.
- Naeem S, Thompson L, Lawler S, Lawton J y Woodfin R, 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* 368:734-737.
- Naeem S y Li S, 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390:507-509.
- Naeem S y Li S, 1998. Reply. *Nature* 394:30.
- Norby RJ, Pastor J y Melillo JM, 1986. Carbon nitrogen interactions in CO_2 enriched white

oak:physiological and long term perspectives. *Tree Physiology* 2:233-241.

- Odum EP, 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164:262-270.

PCC (Population crisis committee), 1989. 1 page memo. Washington, DC.

- Pimm SL, 1993. Biodiversity and the balance of nature. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. (Ed Shulze y Mooney).

- Pimm SL, 1998. The forest fragment classic. *Nature* 393: 23-24.

- Pitelka LF, 1993. Biodiversity and policy decisions. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. (Ed Shulze y Mooney).

- Prescott-Allen R y Prescott-Allen C, 1990. How many plants feed the world? *Conservation biology* 4:365-374.

- Raven PH, 1988. Our diminishing tropical forests. In *Biodiversity* (Ed Wilson EO y Peter FM) National Academy of Sciences.

- Rush GM y Oesterheld M, 1997. Relationship between productivity, and species and functional group diversity in grazed and non-grazed Pampas grassland. *Oikos* 78:519-526.

- Sala OE, Lauenroth WK, McNaughton SJ, Rush G y Xinshi Zhang, 1996. Biodiversity and ecosys-

tem functioning in grasslands. En *Functional roles of biodiversity*. Editores Mooney, Cushman, Medina, Sala y Schulze.

- Sala OE y Paruelo JM, 1997. Ecosystem services in grasslands. In *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press

- Smith SV y Buddemeier RW, 1992. Global change and coral reef ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23:89-118.

- Smith VR y Steenkamp M, 1990. Climatic change and its ecological implications at a subantarctic island. *Oecologia* 85:14-24.

- Tilman D, Knops J, Wedin D, Reich P, Ritchie M y Siemann E, 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277:1300-1302.

- Tilman D, Wedin D y Knops J, 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379:718-720.

- Tilman D, 1987. Secondary succession and the pattern of plant dominance along experimental nitrogen gradients. *Ecological Monographs* 57:189-214.

- Tilman D, 1989. Ecological experimentation: strengths and conceptual problems. In *Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alter-*

natives. Springer Verlag.

- Tilman D, 1996. Biodiversity: population vs ecosystem stability. *Ecology* 77:350-363.

- Vitousek PM, Aber J, Howarth R, Likens G, Nason P, Schindler D, Schlesinger W y Tilman D, 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: causes and consequences. *Issues in Ecology* 1.

- Vitousek PM, 1983. Nitrogen turnover in a weed-dominated first year old field in southern Indiana. *American Midland Naturalist* 110:40-44.

- Vitousek PM, 1994. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology* 75:187-197.

- Vitousek PM y Hooper DU, 1993. Biological diversity and terrestrial ecosystem biogeochemistry. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. (Ed Shulze y Mooney).

- Waggoner PE, 1984. Agriculture and carbon dioxide. *American Science* 72:179-184.

- Wilson EO, 1984. *Biophilia*. Harvard University Press.

- Wolf EC, 1988. In *State of the World* (Ed Brundage et al) Norton.

GLOSARIO

Antrópico: relativo o que concierne a la especie humana.

Autótrofo: ser vivo que obtiene su carbono (CO_2) de la atmósfera.

Broza: materia seca producida por la senescencia de tejidos vegetales.

Canopeo: biomasa área de especies vegetales.

Ciclo de Calvin: proceso bioquímico de asimilación de dióxido de carbono que presentan los vegetales.

Coral: especie animal carnívora marina con exoesqueleto de carbonato de calcio.

Especies Carbono 3: aquellas especies vegetales cuyo producto inicial en la fijación del CO_2 (fotosíntesis) es una molécula de tres carbonos.

Especies carbono 4: aquellas especies vegetales que poseen un paso bioquímico adicional al Ciclo de Calvin y que poseen como

resultante de la asimilación del CO_2 una molécula con cuatro carbonos.

Heterótrofo: ser vivo que obtiene su carbono al consumir a otros organismos.

Hongos endofíticos: hongos cuyo ciclo de crecimiento lo desarrollan en parte o en su totalidad dentro de algunas especies vegetales.

Nicho: conjunto de condiciones ambientales en las que una especie viviente puede nacer, crecer y multiplicarse.

Nivel trófico: posición de cada organismo respecto a la entrada inicial de energía al ecosistema (plantas, herbívoros, carnívoros, descomponedores).

Perfil edáfico: corte transversal de un suelo, constituido por diferentes capas u horizontes.

Planta vascular: aquella que posee vasos para la conducción de agua y nutrientes.

EL GABINETE DE FISICA Y EL LABORATORIO DE QUIMICA DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

(1822-1836)

Por Juan Carlos Nicolau (*)

(*) El Ing. Juan Carlos Nicolau es Director del Instituto de Historia de la Ciencia y de la Técnica, de la Sociedad Científica Argentina (Av. Santa Fe 1145, Buenos Aires)

LA ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE LOS LABORATORIOS

El gobierno de Buenos Aires de
dependía la Universidad de
Buenos Aires desde su fundación en
1822 buscó otorgar un papel destaca-
do a la enseñanza de la ciencia, en
particular los estudios de física y quí-
mica, asignaturas que no habían con-
dido con demasiada atención en la
enseñanza vigente en la época de la
colonización.

María Gutiérrez comenta "que
el antiguo plan de estudios se con-
servaba una parte del tiempo consagra-
do a la Filosofía, a lo que se llamaba la
física general, pero sin el empleo del
cálculo, sin apelar a la experimenta-
ción, sin instrumentos y aparatos para
efecto, las lecciones de Física no
podían ser más que principios, aforis-
mos, resultados aceptados por el
maestro", que eran retenidos de me-
moría por los alumnos. (Gutiérrez,
1968, 317).

Para modificar esta situación se con-
sideraba necesario complementar los
cursos preparatorios para el ingreso a

las "carreras superiores" con clases
prácticas que acompañaran a las teó-
ricas de física y química, propósito
que requería disponer de laborato-
rios adecuados para la realización de
experimentos y demostraciones de
las leyes que regían esas ciencias.

Bernardino Rivadavia, ministro de Re-
laciones Exteriores y Gobierno, en el
momento de creación de la universi-
dad gestionó, con la mediación de Jo-
sé Ignacio de Garmendia, que se en-
contraba en Europa, la intervención
de la firma Hullet Hnos. y Cía. de Lon-
dres, banqueros del gobierno bonaerense,
para la adquisición de un labo-
ratorio de química y un gabinete de fí-
sica destinados a ser instalados en las
aulas de la universidad. (Piccirilli,
1943, II 366).

El suministro de los elementos y apa-
ratos para equipar los futuros labo-
ratorios fueron encargados a los seño-
res Baillot, Piet y Cía. de París, los cua-
les el 25 de septiembre de 1823 remi-
tían una factura por el importe de
31.930 francos, valor de los elemen-
tos comprados, y una detallada des-
cripción de los instrumentos, aparatos
y accesorios que integraban el

embarque. Este arribó en el mes de
enero del año siguiente, oportunidad
en la cual el ministro Rivadavia señala
que aún no se ha reconocido el con-
tenido del envío y ordena que se pa-
se nota al rector para que se ubique
el lugar donde serán instalados los la-
boratorios. En octubre de 1824, el mi-
nistro M. J. García ordena se abone la
factura pues el catedrático de química
Manuel Moreno, había dado su con-
formidad respecto a la recepción de
los objetos remitidos desde Europa.
(AGN X 6-2-3).

En el Mensaje que los ministros en-
cargados del Poder Ejecutivo de la
provincia, Rivadavia y García, presen-
taron a la Legislatura señalan que, "un
laboratorio de química y una sala de
física la más completa, han sido con-
ducidas de Europa para servir a la en-
señanza de las ciencias naturales. A la
colección de minerales que existe ya,
se agregarán en breve las máquinas
necesarias al estudio de la mineralo-
gía". (Mensaje, 1976, 35). Esta mención
por parte del gobierno del tema está
indicando la importancia que se asig-
naba a los asuntos destinados a mejo-
rar el adelanto de los estudios univer-

sitarios obviamente debido a su influencia en el progreso de la sociedad. Luego de su arribo a Buenos Aires, los aparatos y elementos permanecieron sin uso debido a la falta de personal idóneo que pudiera tomar a su cargo la preparación de los mismos y también a la ausencia de profesores que pudieran utilizarlos para efectuar los consiguientes experimentos.

Transcurrió un año cuando desde Londres la firma Hullet Hnos., el 5 de octubre de 1825, informa al gobierno que la fragata francesa Jeanne D'Arc había partido hacía unos 15 ó 20 días del puerto del Havre con un nuevo embarque consistente en dos cajones conteniendo los artículos para la Sala de Física y doce bultos con los objetos destinados para la enseñanza de anatomía, la preparación de animales para el Museo de Ciencias Naturales y otros elementos adicionales, incluyendo entre ellos algunos artículos faltantes en el primer embarque y destinados a completar los aparatos de los laboratorios.

En ese año, el profesor Avelino Díaz del Departamento de Estudios Preparatorios de la universidad, "redactó y dictó un curso de física experimental" comenta Gutiérrez, sin disponer de los instrumentos que habían sido adquiridos en Europa y a los cuales se hizo mención previamente.

El periódico Crónica Política y Literatura de Buenos Aires, el sábado 9 de junio de 1827 se ocupa en detalle de la enseñanza de las ciencias y bajo el título de Gabinete de Física y de Historia Natural señala los pasos dados para la adquisición de los instrumentos y elementos adquiridos en el exterior. Lamenta que estos llegaran a Buenos Aires antes de que se hubiese dispuesto el lugar para su instalación, lo cual comprometía la conservación de algunos de ellos, mientras que, elegido el convento de Santo Domingo, en ese edificio se reunirían todos "los objetos relativos a la enseñanza de ciencias físicas y naturales", un laboratorio de química, un gabinete de física y un museo de zoología, de mineralogía y de botánica. El laboratorio sería ubicado en el piso inferior y en el corredor, mientras en las piezas altas, el gabinete y el mu-

seo, proyectando además la construcción de un anfiteatro para la enseñanza de los diferentes cursos. (Crónica N° 36 sábado 9 de junio de 1827).

Seis años después, en 1833, el coronel Arenales relataba que el gabinete de historia natural se encontraba en las galerías altas del "convento suprimido de Santo Domingo" provisto de "una brillante colección de objetos comprados en Europa por orden del gobierno y considerablemente aumentada después con varios otros objetos de estos países". Señala asimismo que se encontraban en exposición "más de 1500 piezas del reino mineral y cerca de 800 del animal, sin incluir las familias de insectos, etc." (Gutiérrez, 1868).

Arenales a continuación comenta que, en ese lugar, se guardaban los aparatos de química y física experimental por medio de los cuales se realizaban las lecciones prácticas para los estudiantes de la universidad. Para ese entonces la cátedra de física experimental estaba a cargo de Octavio F. Mossotti, quien previamente, luego de su arribo a Buenos Aires, se había desempeñado en el Departamento Topográfico.

Con anterioridad al desempeño de Mossotti, destacado profesor e investigador, que dejó señalados recuerdos en Buenos Aires, entre ellos de Vicente López, la cátedra de física estuvo a cargo de Pedro Carta, durante un breve lapso, mientras Carlos Ferraris tomó la responsabilidad de montar los instrumentos y su conservación. La trayectoria de ambos será expuesta a continuación para dar a conocer su desempeño en estas tareas durante su permanencia en la universidad.

EL PROFESOR DE FÍSICA PEDRO CARTA MOLINO (1826-1827)

Martín Rodríguez terminó su mandato como gobernador de Buenos Aires el 9 de marzo de 1824, siendo reemplazado por Gregorio de Las Heras, éste propone a Bernardino Rivadavia continuar en el cargo de ministro de gobierno, pero el ofrecimiento es rechazado pues el futuro presidente decide partir hacia Londres, donde arriba el 7 de septiembre de aquel año, según informaba el periódico The Times. (Piccirilli,

1943, II 287).

Durante su permanencia en Europa que se prolongó hasta el 22 de octubre de 1825, Rivadavia recibió de parte del gobierno el encargo de interesar a profesores y a otros intelectuales para residir en Buenos Aires e incorporarlos a la enseñanza en la universidad, debido a la carencia de personas capaces de desempeñar tanto la docencia pública como la privada.

En particular en la universidad existía un problema con la cátedra de física experimental, pues, a pesar de haber adquirido el gobierno un gabinete de física no se contaba con un profesor que dictara las clases correspondientes a esta materia. En cuanto al curso de química, que se encontraba a cargo de Manuel Moreno, requería el auxilio de un ayudante para ejecutar los ensayos y realizar el mantenimiento de los instrumentos y elementos del laboratorio.

Pedro Carta Molino, graduado en 1818 en medicina en la universidad de Turín, se encontraba en Londres, ciudad a la cual había emigrado debido a su participación en la revolución del Piamonte contra la dominación del gobierno austro-húngaro, circunstancia que le permitió tomar contacto con Bernardino Rivadavia cuando éste procuraba llevar a cabo el pedido del gobierno para encontrar profesores dispuestos a trasladarse a Buenos Aires con el objeto de



dictar clases en la enseñanza universitaria. En marzo de 1826, arribó al Río de la Plata bajo la protección de Rivadavia, mientras éste desempeñaba la presidencia de la República por mandato de la Asamblea General Constituyente.

Dos años antes, la firma Hullet Hnos. y Cia. del comercio de Londres, procedía de parte del gobierno de Buenos Aires y en virtud de las facultades e instrucciones que nos son conferidas por un oficio del señor Ministro de Gobierno y Relaciones Exteriores de dicho gobierno" a celebrar un convenio con Carta, por el cual éste se trasladaría a "París para permanecer en esa capital cuatro meses, con el objeto de calificarse en la práctica de la Física Experimental". (AGN X-6-2-5)

El convenio establecía que, cumplido ese lapso, Carta debía presentar una certificación de un profesor de dicha ciencia, quien luego de haberle examinado debía dar testimonio de estar debidamente calificado para desempeñar el empleo de profesor de física y de asistente en el ramo práctico, al profesor de química.

El acuerdo, firmado el 21 de diciembre de 1824 en Londres, también especificaba que el gobierno se comprometía a abonarle un salario de 1.000 pesos anuales más el costo de su traslado desde Europa. (AGN X-6-2-5)

Las cláusulas de este contrato resultan sorprendentes, pues se efectuaba un acuerdo con un profesional médico, sin

otros antecedentes que lo vincularan con la enseñanza de física, para que estudiara una asignatura que no era de su especialidad, a fin de adquirir conocimientos que eventualmente lo habilitarían al ejercicio de la cátedra. La única explicación plausible para justificar este hecho es la natural dificultad de encontrar profesores universitarios dispuestos a viajar a América y radicarse en países de los cuales, en Europa, se tenían escasas referencias en esa época.

Carta se comprometía, por su parte, a lograr que otros profesores se interesaran en viajar al Río de la Plata para dictar clases en la universidad. Mientras procedía a realizar los estudios a que se había comprometido, mantuvo una copiosa correspondencia con Rivadavia con el objeto de mantenerlo informado de sus andanzas por las principales capitales de Europa.

Luego de su arribo a Buenos Aires, con gran expectativa entre el público en general y de las personas estudiosas residentes en ella, según comenta Gutiérrez, el doctor Carta dictó en la universidad "dos lecciones de introducción" a su curso de física, que más tarde fueron publicadas en uno de los periódicos de esa ciudad.

Su desempeño en esa casa de estudios fue breve, pues apenas transcurridos tres años de la firma del convenio, el 6 de noviembre de 1827, Carta se dirigió en una nota al ministro Manuel Moreno, para argumentar que había aceptado el empleo de Profesor de Física Experimental en la universidad "con la esperanza de que mis servicios podrían serle de alguna utilidad y que ellos serían apreciados por los que pudiese merecer". Agregaba que entendía haber cumplido sus deberes a "satisfacción de mi conciencia y de las personas que me han honrado con su asistencia a mis lecciones".

Sin embargo, señalaba a continuación que los ataques contra su persona publicados en el Correo Político y Mercantil en el N° 3 de esa fecha, no le permitían "con decoro continuar ocupando la Cátedra de Física Experimental", motivo que le obligaba a presentar "una renuncia formal", esperando que el gobierno "conse-

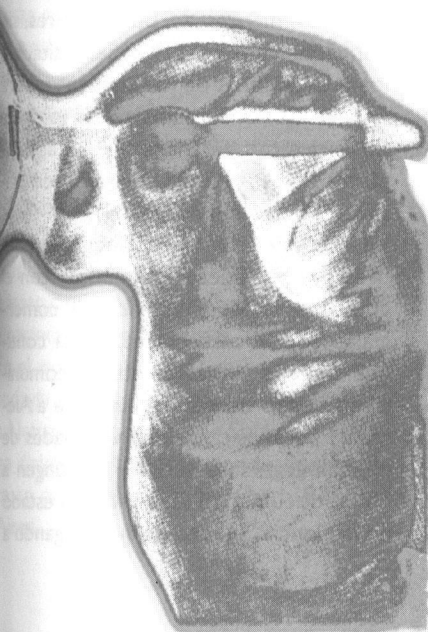
cuate con sus principios se servirá admitir". (AGN X-6-2-5)

Una semana más tarde, el ministro Moreno, contestaba que los argumentos de la renuncia de Carta basados en las aseveraciones de un periódico no eran suficiente justificación para adoptar esa actitud. Tampoco podía aceptar que antes de ser admitida se recurriese a la prensa "bajo un aspecto que parece un reclamo al público". Por estos motivos el ministro consideraba que "esta conducta, que es odioso calificar, persuade al gobierno que es conveniente admitir, como desde luego se admite, la renuncia". (AGN X-6-2-5)

Moreno, sin embargo, consideraba que el profesor Carta debía concluir sus clases, presenciar los exámenes y presentar "los cuadernos de enseñanza", como así también los correspondientes a la "materia médica y terapéutica que haya dictado el año pasado" en consideración a las erogaciones ya efectuadas por el Estado durante dos años y en particular, debido a que estaba por terminar el año escolar. (AGN X-6-2-5)

La nota del ministro se acompaña de un resumen con los antecedentes de Carta, quien había recibido, de parte del gobierno, la designación de catedrático de física experimental el 10 de abril de 1826 y en junio de ese mismo año, el título de profesor de medicina a cargo de la cátedra de medicina y farmacia, percibiendo un sueldo de 2.000 pesos anuales, de acuerdo al artículo 4° de un decreto del gobierno de fecha 3 de mayo.

En la relación del cuerpo docente de la universidad, correspondiente a marzo de 1827, el doctor Pedro Carta figura afectado al Departamento de Estudios Preparatorios, como profesor de física experimental y en el de medicina en la cátedra mencionada. De esta última fue relevado por decreto del 25 de octubre y simultáneamente de su obligación de asistir al Hospital general sin que se den razones de esta decisión. Por consiguiente, se reducía su sueldo a 1.000 pesos al continuar sólo al frente de la cátedra de física experimental. En el resumen de dichos antecedentes se indica que su actividad cesó el 14 de noviembre de 1827. (AGN X-6-2-5)



Estos hechos plantean un interrogante acerca de la idoneidad profesional de Carta como profesor de física, pues según la información brindada por el periódico *Crónica Política y Literaria*, en Turín sólo se había desempeñado como "repetidor de medicina en el Colegio de las provincias de la misma capital, que debía de derecho conducirlo al empleo de catedrático en la universidad". En esta nota periodística se mencionaba que "sus conocimientos en medicina lo han puesto en estado de ejercer esta profesión y, aunque joven, ha sabido colocarse en el número de los mejores médicos de la capital". Carta se presenta ante el Tribunal de Medicina de Buenos Aires, el 24 de julio de 1828, y obtiene la reválida de su título médico, nueve meses después de su renuncia al cargo de profesor que desempeñaba en la universidad.

Bernardino Rivadavia abandona el cargo de Presidente de la República el 27 de junio de 1827, diez días después de la disertación de Carta, donde éste elogió su personalidad y su acción gubernativa, por lo cual podría inferirse que este hecho pudo haber influido en su decisión de abandonar la universidad, sin embargo permaneció en la ciudad para obtener su reválida como se expresó anteriormente sin que existan constancias de su regreso a Europa.

El ministro Manuel Moreno no parece haber querido retener a Carta

en la enseñanza a pesar de la necesidad de profesores y su cargo fue ocupado al año siguiente por Octavio Mossotti. El ministro, como queda dicho, también se desempeñaba como profesor de química, conocía íntimamente a Carta, pues integró la comisión encargada de redactar el proyecto para la creación de la Facultad de Ciencias Exactas junto con Felipe Senillosa, Avelino Díaz y Roman Chauvet. Por otra parte habían compartido los trabajos previos respecto a la distribución de las aulas destinadas a las asignaturas de física y química en el antiguo Convento de Santo Domingo y en tal sentido el 19 de enero de 1827 redactaron una nota dirigida al rector de la universidad. (AGN X-6-2-4)

Juan María Gutiérrez en su célebre trabajo acerca de la enseñanza superior en Buenos Aires donde analiza en detalle la labor de los profesores que actuaron en la universidad, no efectúa ninguna medición particular respecto a los posibles méritos de la actuación de Carta y sólo menciona su paso por ésta y sus dos lecciones de introducción al curso de física y

mientos de este último acerca de la física y la química experimental del ser muy generales.

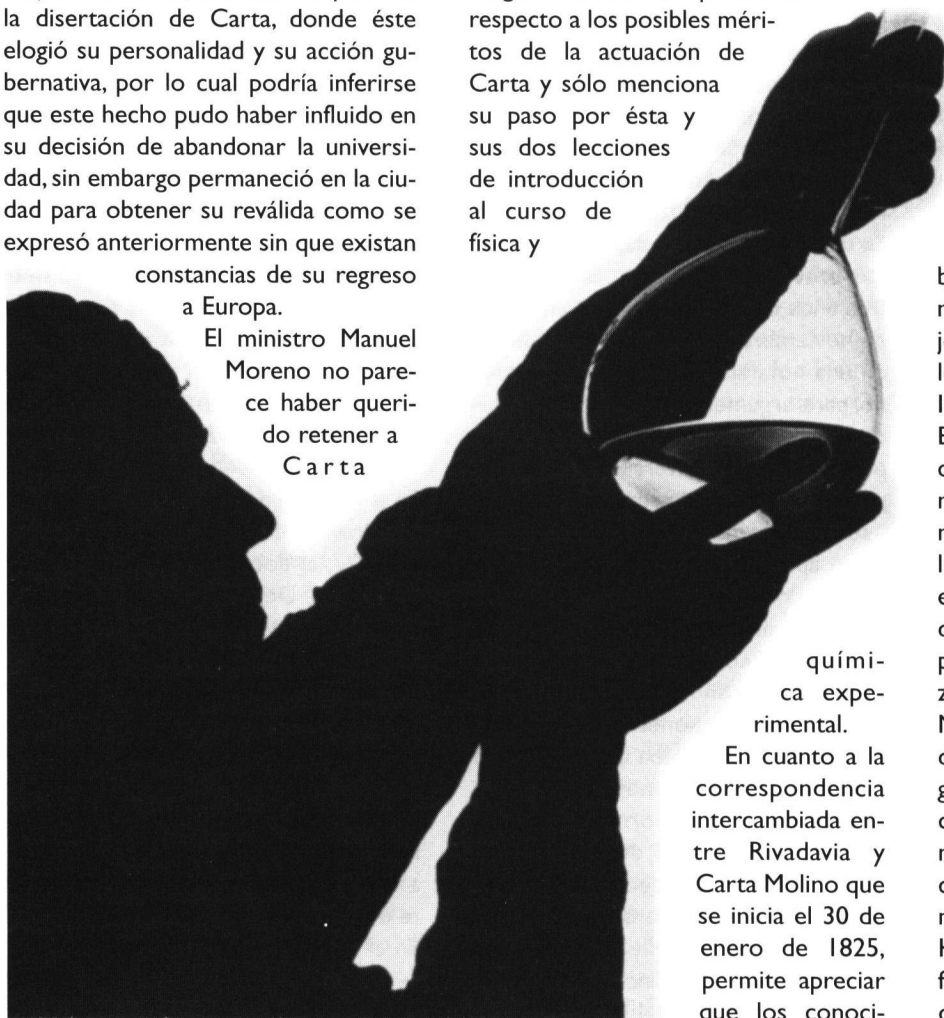
Las andanzas de Carta en Europa go de firmado el contrato con Buenos Aires y previas a su partida llamando a la atención. Luego de transcurridos unos meses se dirige a Bruselas con el objeto de visitar a un paisano suyo, Miguel Gani quien dictaba clases privadas de matemática. En carta a Rivadavia lo recomienda para desempeñarse como profesor "desde los elementos de Aritmética hasta los análisis más sumos". Y a continuación agrega: "Así como podría enseñar las aplicaciones de la matemática a la mecánica, a la astronomía y a la física en general". (Piccirilli, 1943, I, 503)

Al mes siguiente, en febrero, se encuentra en París dedicado a recibir lecciones de física de los destacados científicos Gay-Lussac (1778-1850) y Ampère (1775-1836) y de química de los señores Thenard (1777-1857)

Clement Dejmores. También decide concurrir al laboratorio del señor Gaultier de Claubry para realizar prácticas de química y a mayor abundamiento, para ocupar el tiempo, declara que no se ha olvidado de la zoología, "por cuanto me permitan mis estudios indispensables me ocupo de ella, y sigo las lecciones del señor Blainville, uno de los mejores catedráticos de ciencias naturales que haya en París". (Piccirilli, 1943, I:504)

En otro párrafo de su extensa misiva comenta haber conocido otras personas provenientes de Buenos Aires, sin mencionar nombres, y haber visitado a los proveedores de los elementos para el laboratorio de química y el gabinete de física a causa de la rotura de algunas piezas que procuraría fueran reemplazadas. (Piccirilli, 1943, I:505)

Mientras Rivadavia permanecía en Londres en gestiones diplomáticas con el gobierno inglés y actividades comerciales con la casa Hullet, Carta continúa en París y el 19 de abril le comunica su deseo de realizar un viaje a Alemania para visitar las universidades de Heidelberg, Hall, Berlin y Göttingen con fin de documentarse acerca del estado de la ciencia. Su idea es que "llegando



química experimental.

En cuanto a la correspondencia intercambiada entre Rivadavia y Carta Molino que se inicia el 30 de enero de 1825, permite apreciar que los conoci-

Buenos Aires justificar el nombramiento que V.M. ha hecho de mí a una cátedra en su país, publicando un escrito sobre el estado de las ciencias naturales, y particularmente de la medicina en las varias naciones de Europa, escrito, que creo podrá ser de alguna utilidad aún en Europa". El señor Carta agrega a renglón seguido, para no olvidar las exigencias de la vida, que para continuar atendiendo a "los laboratorios, cursos particulares en la parte práctica de los diferentes ramos de las ciencias naturales, para procurarme libros, instrumentos de cirugía, etc." se ve obligado a solicitar el adelanto de una "suma sobre mi sueldo". (Piccirilli, 1943, I:507)

Luego explica que su amigo residente en Bruselas había desistido de viajar a América, y se refiere a la posibilidad de comprometer a otras personas que podrían estar interesadas en viajar, una de ellas es Carlos Ferraris, quien podría desempeñarse como su ayudante, mientras además, por disponer de algún capital éste estaría dispuesto a instalar una botica.

El 5 de junio, Carta permanece todavía en la capital francesa en gestiones para formalizar el contrato con Ferraris, en conversaciones con un señor Petit, hábil en la reparación de instrumentos de laboratorio y en la selección y adquisición de instrumentos de física y de astronomía, motivo por el cual solicitaba el consejo de Gay-Lussac y el famoso astrónomo Arago. Este le habría recomendado adquirir un teodolito "para hacer las observaciones astronómicas que por otra parte podrían servir también para la topografía". Más tarde decide adquirir un cronómetro destinado a medir el tiempo en los trabajos astronómicos. A todas estas ocupaciones, agrega la de obtener precios por láminas y modelos de cera de anatomía para la enseñanza médica, la adquisición de cuadros, grabados y libros e instrumentos tales como barómetros y termómetros. (Piccirilli, 1943, 512)

En el mes de septiembre se encuentra todavía en Francia, anunciando un viaje a Alemania pasando por Suiza para luego dirigirse a Londres donde, finalmente se propone embarcar para Buenos Aires.

Esta correspondencia permite entender que Carta permaneció en París durante la mayor parte del año 1825, dedicado a la búsqueda de profesores que quisieran trasladarse al Río de la Plata, por cierto sin mucho éxito, pues sólo lo logró con su amigo Ferraris, mientras simultáneamente realizaba gestiones de compra de elementos para los laboratorios y la posible instalación de un museo de ciencias naturales. En cuanto a sus estudios, por no ofrecer detalles concretos en sus cartas, arroja dudas acerca de la seriedad y profundidad con la cual fueron efectuados, dudas que a juzgar por los resultados de su breve estadía, no fueron disipadas durante su permanencia en Buenos Aires.

Las dos lecciones de introducción son los únicos escritos conocidos del curso de Carta, pues se carece de antecedentes que acrediten que haya redactado el texto de sus clases tal como lo exigían las reglamentaciones de la universidad.

Esa introducción fue publicada en 1827, por la Imprenta de la Independencia, dedicada a Bernardino Rivadavia. Comienza manifestando que "llamado a este país para enseñar la física experimental, pensé desde luego que había una especie de deber en dar a conocer al público del modo que concibo esta ciencia, y del orden y método que me propongo seguir en su enseñanza". Por último, expresa sus vivos deseos de ser útil al país que Vd. ha "gobernado con tanta sabiduría".

Resulta curioso que los primeros párrafos de la disertación de Carta estén dedicados a incursionar en la política interna efectuando un elogio del gobierno presidencial por su conducta durante la guerra con el Brasil, a consecuencia de la ocupación, por esta nación de la Banda Oriental, criticando al mismo tiempo a las provincias interiores por su falta de apoyo a la conducción de Buenos Aires del conflicto armado. Sostiene que "el ilustre ciudadano que ocupaba hace pocos días la primera magistratura de la República" era digno de merecer el reconocimiento de sus compatriotas por su gestión de gobierno en el manejo de la economía, la conducción militar, y su dedicación al

adelanto de la educación.

Evidentemente el profesor Carta desconocía el terreno que pisaba con respecto a la política interna del país. Declara a continuación, en referencia a Vicente López, que el "benemérito ciudadano que por su probidad, su honradez y sus luces, acaba de ser elevado a la presidencia de la República" continuará la labor de su predecesor en cuanto a la enseñanza de la física y la matemática, quizás con la intención de recibir su protección y asegurar su permanencia en el cargo.

Luego pasa a explayarse acerca de las ventajas del estudio de las ciencias naturales, pues dice que éstas ensanchan el conocimiento humano y citando a Cabanis (1757-1808) filósofo y fisiólogo, señaló que éstas deben considerarse "el fundamento de las ciencias morales". Racionalista declarado, Carta sostenía que "la razón es la facultad que distingue esencialmente al hombre de todas las demás especies de animales" y le ha permitido su progreso social, no solamente desde el punto de vista material sino también intelectual. En su opinión este progreso "en los conocimientos humanos consiste en la observación, en la experiencia y en la inducción", método indicado por Bacon, analizado por Locke y más tarde ilustrado por Condillac, Bonnet y Desmout de Tracy.

Después de resaltar el adelanto de las ciencias naturales respecto de las morales, por ser éstas "mucho más complicadas", Carta rechaza las opiniones del filósofo de Königsberg y su obra Crítica de la Razón Pura, por su pretensión de "encontrar en la conciencia de los hombres el origen de algunas ideas abstractas".

Finalmente, en su primera disertación pasa revista a las ciencias naturales comenzando por la mineralogía, siguiendo luego con la botánica, zoología, física y química, e incluye a la fisiología, que considera una dependencia de la historia natural, pues se ocupa de los fenómenos de los cuerpos organizados y sus leyes, ciencia conocida en nuestros días como biología. En cada una de ellas señala los descubrimientos de las leyes que rigen sus fenómenos poniendo énfasis en la descripción de las dis-

tintas aplicaciones prácticas que ha efectuado el hombre para mejorar sus condiciones de vida y lograr el adelanto de la sociedad humana.

En la segunda conferencia, que encabeza con el título "División general de los conocimientos humanos y orden del curso", Carta luego de señalar que la división del trabajo y la seguridad legal del derecho de propiedad permitió a algunos hombres dedicarse a meditar sobre los fenómenos de la naturaleza estableciendo los fundamentos del conocimiento, se dedica a explicar la división de las ciencias de acuerdo con el criterio establecido por Destutt de Tracy refiriéndose a continuación a su obligación particular de la enseñanza de la física experimental.

Todos los conocimientos humanos, dice el médico de la universidad de Turín, pueden reducirse a dos grandes divisiones, ciencias y bellas artes, éstas últimas se refieren a la música, la escultura, la pintura y la poesía.

Las ciencias, entendidas por la reunión de hechos vinculados por principios generales o teorías se dividen a su vez, en ideología, morales, naturales y matemáticas.

En cuanto a la ideología, según Carta, son aquellas ciencias que se ocupan de la formación de ideas, pudiendo ser consideradas la "teoría de las demás ciencias", entre ellas se encontrarían la lógica y la gramática general. Las ciencias morales, en la visión del profesor de física, serían la continuación de las ciencias ideológicas y por tratarse de los derechos y deberes de los hombres y las sociedades deberían ocuparse de la organización de éstas, el derecho de gentes, la economía y los principios de la legislación civil y criminal.

Las ciencias naturales serán aquellas que se ocupan de todo lo concerniente a los cuerpos y fenómenos de la naturaleza, dividiéndose en su historia, física, química y fisiología (biología). Con respecto a la física y química, el disertante sostiene que es difícil dividir los temas de los cuales se ocupan, si bien la primera considera las propiedades más generales de los cuerpos, sus acciones mecánicas, sin incursionar en su

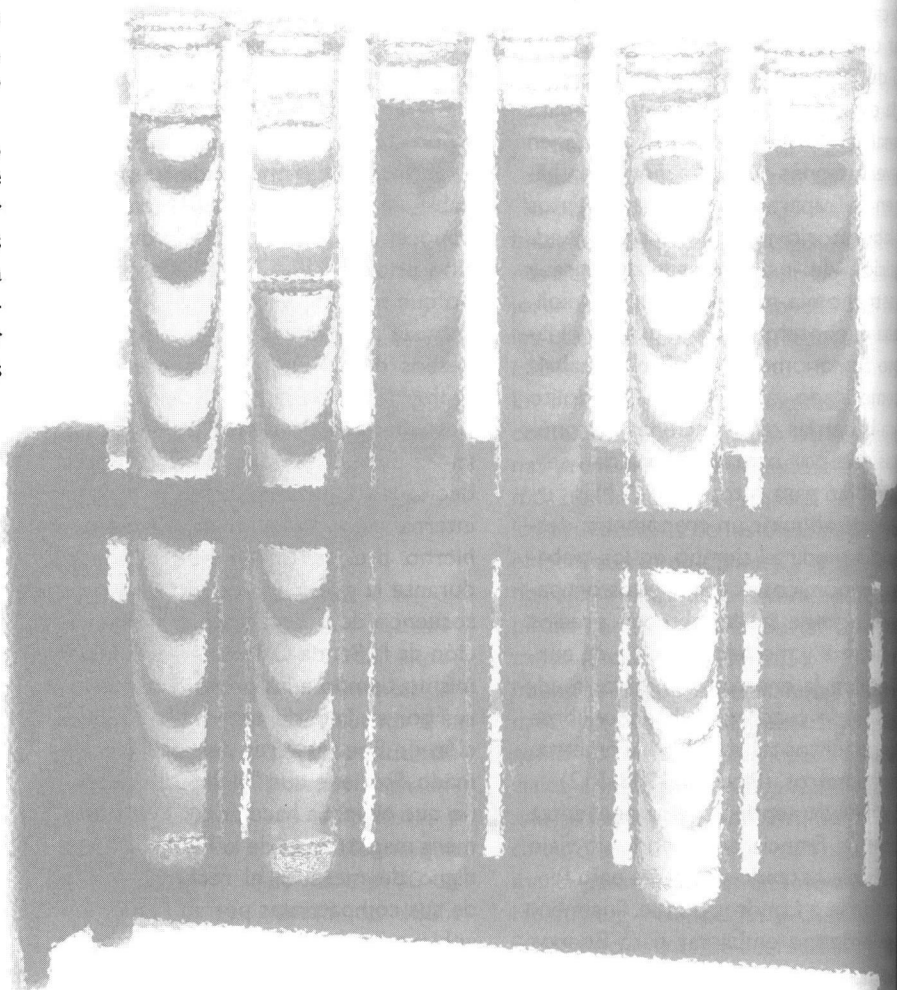
composición. La química se ocupa de la determinación de los elementos que componen los cuerpos, su interacción y las leyes que rigen sus fenómenos.

Por último, se ocupa de las ciencias matemáticas que comprenden la aritmética, el álgebra y el cálculo diferencial, integral y de variaciones, la geometría y la trigonometría y que se pueden dividir en matemáticas puras y aplicadas. Dentro de éstas últimas, sorpresivamente para nuestro criterio actual, incluye a la mecánica, astronomía, óptica y acústica más "algunos otros ramos de la física" ya que en su opinión se puede aplicar el cálculo a su estudio.

Entrando en el aspecto particular de la enseñanza de la física, el cual debía ser el objeto de su curso, Carta declara que su extensión depende de distintos autores, pues los franceses excluyen la mecánica y la astronomía, que incluyen en las matemáticas aplicadas, mientras los ingleses al seguir la tradición de Newton, consideran que la física como

la "filosofía natural". A este último criterio se propone ajustar su curso. El método y el orden a seguir son temas finales de su disertación. Aquí consistirá en tomar como modelo Laplace (1749-1827) en su obra *Sistema del Mundo* que dice Carta también se sigue en los cursos de física experimental que dictaban en París, Gay-Lussac y Biot, consistente en determinar primero la exactitud de los hechos por medio de observaciones o experimentos, para deducir luego las leyes que rigen los fenómenos.

No obstante, Carta aclara que tiene sus reservas respecto a este método, pues se pregunta si la especulación teórica no debe intervenir en la determinación de las leyes. "Siendo mi curso de física experimental debo necesariamente presentar en él todas las experiencias que puedan servir a esclarecer algún fenómeno, mas debo hacer presente que es preciso no dar a las experiencias más importancia que las que



ellas puedan tener".

La falta de una obra que pudiera tratar todos los aspectos del curso y servir como texto para los alumnos, según el criterio de Carta, lleva a éste a adoptar el "Tratado elemental de física experimental y médica" del catedrático de Física-Médica de la Escuela de Medicina de París, profesor Pelletan, con excepción de lo referente a la astronomía.

El curso de Carta, según sus declaraciones, comprendería ocho secciones tituladas: nociones generales y leyes abstractas del equilibrio; los cuerpos sólidos, sus propiedades estática y dinámica; aplicaciones a los cuerpos líquidos, hidrostática e hidráulica; fluidos elásticos, en particular el aire y, además, fenómenos atribuidos al calórico, la luz y la electricidad. La última parte trataría acerca de la astronomía, "porque no se puede comprender sin tener conocimientos previos de óptica para entender la teoría de los instrumentos astronómicos".

Se dictarían tres clases semanales, dos obligatorias para los alumnos que desearían cursar física y dar examen y otra general, a la cual podrían asistir todos aquellos que desearan "adquirir los conocimientos más generales y más importantes sobre la física experimental". Las lecciones de Carta no parecen haber provocado mayores comentarios de sus contemporáneos, como ocurrió más tarde con su sucesor Mossotti. Acerca de su capacidad didáctica o científica, y a juzgar por su exposición de la introducción, sus conocimientos de carácter general sin entrar en análisis pormenorizado de los conceptos y las leyes que debían ser tratados en su curso. Sin embargo, teniendo cuenta los antecedentes de sus estudios parecería que esto no debe llamar a sorpresa y el improvisado profesor de física experimental resultaba, en definitiva, un divulgador de la ciencia, no obstante adornado de una adecuada cultura general.

**CARLOS FERRARIS ENCARGADO
Y AYUDANTE DE
LABORATORIO (1826-1842)**

una de sus comunicaciones a Bernardino Rivadavia que se encontraba

en Londres, Carta Molino desde París recomendaba a un paisano para acompañarle en su viaje al Río de la Plata, diciendo, "es un boticario, amigo mío, desde la juventud; sujeto muy recomendable por la calidad de su corazón, y me sería su compañía muy agradable: sea en el gabinete de física, sea en el laboratorio de química, necesitaré una persona que me ayude a hacer las preparaciones y las experiencias, y ese amigo mío es ahora ocupado en una botica en Bruselas, es el mejor ayudante que yo pueda desear". (Piccirilli, 1934, II:377)

El ofrecimiento fue aceptado, por consiguiente Ferraris viaja con Carta para arribar ambos a Buenos Aires en el mes de marzo de 1826. De inmediato, el día quince, se dirige al gobierno, en una nota redactada en francés, por su desconocimiento del idioma español, donde expone que el doctor Carta le había invitado a viajar, conviniendo que los gastos de alojamiento serían abonados por el gobierno. Ferraris enfatiza que el cumplimiento de esta obligación es de suma importancia para él y en segundo lugar solicita se le abone por adelantado dos meses de sus sueldos.

Agüero, ministro de Rivadavia, el 10 de abril ordena se redacte el decreto de nombramiento para el desempeño de su cargo en la universidad, asignándole 200 pesos anuales para gastos de vida y se le "señale la habitación en que debe existir permanentemente por cuenta del gobierno", mientras se le anticipa "el segundo trimestre del presente año". (AGN X-6-2-4)

Ese mismo mes Ferraris recibe la orden de proceder a la inspección de los materiales adquiridos para formar los laboratorios de física y química. Con fecha 27 de abril presenta una nota donde luego de explicar su demora por la necesidad de aguardar la entrevista del rector con el ministro de Gobierno, informa que "los instrumentos de física y química existen en cuatro piezas distintas, algunos en armario, otros sobre el suelo o sobre mesas y otros todavía encajonados".

En su opinión, en primer lugar conveniría montarlos para luego ser clasificados por su nombre y su estado, indi-

cando que su reparación de ser necesaria se efectuara localmente, o de no encontrarse artesanos hábiles a este efecto fueran remitidos a Europa. Con respecto al lugar donde se encontraban depositados, considera que el local no tiene las condiciones adecuadas a tal propósito, por tal motivo conveniría su traslado a un sitio donde fueran conservados en forma permanente para prevenir su continuo deterioro. (AGN X-6-2-5)

Manuel Moreno designado catedrático de química, dos años antes, el 2 de marzo de 1825, había requerido por nota al ministro Manuel José García, se habilitara una Sala para iniciar sus clases con la provisión de una mesa y un estante para sus útiles de enseñanza, pues el edificio de la universidad se encontraba en ruinas. Con respecto al laboratorio existente en Santo Domingo, Moreno afirmaba que no se encontraba en condiciones de ser utilizado, opinión que permite inferir acerca de la precaria situación en la cual se desarrollaba la enseñanza superior. (AGN X 6-2-5)

Transcurridos ocho meses, el 23 de enero de 1827, Ferraris se dirige al rector de la universidad para informarle que "mañana miércoles serán concluidos en Santo Domingo los trabajos que se han mandado hacer para la conservación de los instrumentos de física y otros objetos". (AGN X 6-2-5)

En el mes de abril de ese mismo año, Ferraris que también se encuentra a cargo del Museo Público de Ciencias Naturales con el objeto de ampliar la colección existente, solicita la suma de mil pesos y la provisión de materiales que se destinarían a mejorar la conservación de las piezas en exposición. Con respecto a éstas comenta en su pedido: "La mayor parte de los peces (cuya colección tiene el que suscribe una orden especial del señor Presidente de hacer por duplicado), reptiles, moluscos y algunos insectos es preciso conservarlos en el espíritu de vino, que es ahora bastante más caro". (AGN X 6-2-5)

En el mes de julio, en el presupuesto de la universidad se observa que Ferraris continúa siendo "encargado y conservador" de los instrumentos de

física y química y de las pertenencias del museo, percibiendo un sueldo de 400 pesos y un adicional por vivienda de doscientos. (AGN X 6-2-5)

El coronel Arenales tuvo palabras elogiosas por su desempeño, pues señalaba que, "desde la fundación del gabinete de física hasta la fecha" (1833), ha adquirido ya muy justos títulos a la estimación pública por la inteligencia y activo celo con que procura su conservación y aumento en "objetos tanto extranjeros como indígenas". (Gutiérrez, 1915, 319)

Arsenio Isabelle, en referencia a Ferraris, señala que éste estaba encargado del Museo, el cual, no "es todavía más que un gabinete de curiosidad, pero no deja de ofrecer, sin embargo, algún interés científico" y agrega que D'Orbigny lo enriqueció con varios objetos muy interesantes en ocasión de su estadía en Buenos Aires. (Isabelle, 1943, 120)

Cuando el profesor Mossotti se hizo cargo de la cátedra de física experimental, Ferraris colabora con éste y ambos comunican al rector que aprovechando "la circunstancia de hallarse ahora abierto el puerto de esta ciudad y de haber sido nombrado un encargado de negocios en Francia", sugieren se efectúe la importación de los "instrumentos que todavía faltan para completar la colección existente en la Sala de Física e Historia Natural". Este hecho ocurría en noviembre de 1828, al finalizar el conflicto con el Brasil que había bloqueado con su flota el movimiento marítimo de la provincia y los elementos que se solicitaban eran, de acuerdo con una lista adjunta a la nota, un imán para efectuar los experimentos de Faraday y Ampere, hilos de platino, copas de porcelana y discos de cobre y zinc para construir una pila de Volta. (AGN X-6-3-1)

Pocos meses después una nota de Mossotti dirigida al rector denota los inconvenientes burocráticos que afectaban a la enseñanza, pues para obtener que se le provea "un armario para encerrar los instrumentos y vidrios que son de uso diario" se requiere la autorización del ministro Díaz Vélez quien finalmente aprueba que se encargue a un carpintero su fabricación.

La cátedra de física experimental contaba con un ayudante, pues aún cuando desconocemos la fecha de su nombramiento, Félix Germon presenta el 26 de marzo de 1830 su renuncia a ese cargo para dirigirse a Río de Janeiro y al mes siguiente Mossotti propone en su reemplazo al señor Gabriel Sonnet. Este no debe haber aceptado, pues el 13 de mayo se propone para desempeñar el cargo a Miguel Rodríguez, quien lo rechaza aduciendo que tiene intenciones de instalar un establecimiento de enseñanza industrial ya que durante una permanencia en Europa había estudiado química. Poco después, el 22 de junio, se complacía en informar al gobierno que "tomaría jóvenes para enseñarles química", pero su proyecto posiblemente habría fracasado por la falta de interesados en esa enseñanza, ya que no se tienen mayores noticias del desenvolvimiento de su escuela. (AGN X 6-3-1)

Este intento de enseñanza privada de química, en un medio en el cual no se dictaban cursos de esa materia, quizás podría estar relacionado con la renuncia que Manuel Moreno había presentado dos años antes, el 28 de febrero de 1928, a su cátedra de química, y aunque justificada "por motivos muy poderosos" merece ser atribuida con mayor fundamento a sus actividades políticas. (AGN X 6-3-1)

Octavio Mossotti y Carlos Ferraris junto con el mencionado Rodríguez, el 3 de octubre de 1831, son nombrados para inspeccionar el museo que había pertenecido a Bartolomé Muñoz, a la sazón en poder de su albacea don Juan Molina, compuesto por "una porción considerable de curiosidades e instrumentos de Historia Natural" que eventualmente podían ser incorporados al Museo Público de la ciudad. (AGN X 6-3-1)

Mossotti se alejó de Buenos Aires, en mayo de 1835, para regresar a Europa, y esta decisión conjuntamente con la inestabilidad política y la supresión en diciembre de la cátedra de física, debieron influir en el ánimo de Ferraris, pues el 29 de marzo del año siguiente decide presentar su renuncia a su empleo en la universidad. Alega que, "diez años han transcurrido desde que me

transporté de Europa para cuidar los instrumentos de física y química y los objetos de historia natural, en todo este tiempo he procurado constantemente hacer cuanto estuvo de mi parte para el mejor desempeño de mis obligaciones". En su renuncia estima que cualquier "persona de mediana inteligencia" podrá continuar con la conservación del Gabinete de Historia Natural y, consecuentemente con las medidas de economía dispuestas por el gobierno. Por consiguiente, considera conveniente su retiro para ocuparse de sus "intereses particulares". La renuncia, evidentemente, no debió serle aceptada, pues dos años después, en 1838, en el presupuesto de la universidad, en la lista con la descripción de los sueldos, se asignaba al Encargado del Museo la suma de 1.000 pesos anuales y se fijaba para los gastos y conservación del instrumental de física y química la cantidad de 300 pesos, importe que muestra la escasa preocupación por esta actividad.

Ferraris, transcurridos cuatro años, durante los cuales se puede inferir que no deben haber ocurrido mayores acontecimientos en los asuntos a su cargo, vuelve a dirigirse al rector para expresar que, el fallecimiento de su madre y una grave enfermedad que precede su hermano el doctor Francisco Ferraris "le obliga a trasladarse sin demora a Turín, la capital del Estado de S.M. de Cerdeña para arreglar sus negocios". Por lo tanto, solicita una licencia por dieciocho meses y recomienda "para que lo subrogue durante su ausencia el profesor de farmacia Antonio De Marchi, sujeto en quien concurran todas las calidades necesarias para buen desempeño". Ferraris expresa que se trata de un "joven inteligente de toda confianza que siempre ha vivido a mi lado y se ha aplicado con provecho a las preparaciones de Historia Natural" y agrega, para estar a tono con la época que se vivía en Buenos Aires, "federal decidido y muy adicto a la digna persona de nuestro Ilustre Restaurador de las Leyes". (AGN X 6-3-1)

Paulino Gari, el rector de la universidad aceptó el 26 de enero de 1842 el pedido de licencia y Ferraris partió para su tierra natal.

a su labor universitaria Ferraris, había graduado de farmacéutico en la Universidad de Turín, instaló una farmacia frente a la plaza de Santo Domingo, una vez que el Tribunal de Medicina lo autorizó, en 1829, a ejercer su profesión. Vendió este negocio a Silvestro Marchi con motivo del viaje a su

currió un año cuando, desde un video en un navío italiano, Juan Gutiérrez junto a su amigo Juan Berdi se dirigieron a Europa adonde arribaron luego de dos meses de navegación. En Turín, el primero se encontró con Ferraris a quien "conocía íntimamente y estaban ligados por una amistad de muchos años", invitado por él visitó "Biella, pueblito situado al pie de los Alpes, donde estaba su familia" (Gutiérrez, 27)

Ferraris, nacido en Tonco (Asti) durante 1833, murió en Occhieppo Inferiore (Aroni) en 1859. (Caraffa, 1926)

ALGUNAS CONCLUSIONES

Después del regreso de Mossotti a su tierra, posiblemente aprovechando la estancia acordada en Europa a los exiliados, es muy probable que se dieran por terminadas las prácticas en física, y a las cuales además dejó valiosas observaciones meteorológicas y astronómicas. Su labor fue muy elogiada por Gutiérrez quien escribió un concepto de trabajo sobre su actividad en Buenos Aires y también por Vicente López que habría asistido a sus clases o leído sus disertaciones iniciales.

En cambio, con respecto a Carta Molino se registran menciones acerca de sus méritos profesionales e intelectuales por parte de aquellos que tuvieron vinculación con él durante su permanencia en Buenos Aires. La actitud de Manuel Moreno no parece debida a cuestiones de índole política, sino que probablemente tuvo oportunidad de aquilatar los méritos docentes de Carta en su permanencia en la institución debido a las tareas en la universidad. Es muy probable que, debido a la falta de profesores, de haber sido demostrado tener valores docentes destacados se le hubiera requerido continuar en el desempeño de su

cátedra de física experimental.

Posteriormente a su renuncia, Carta pasó a dictar Materia Médica, en el departamento de Medicina, a los alumnos de farmacia hasta 1833, según afirma Hicken, siendo el primer profesor de esta asignatura. (Hicken, 1923)

Tuvo un final trágico, pues se supone que terminó en un manicomio donde falleció el 13 de mayo de 1849, según una comunicación realizada por el consulado sardo a su gobierno. (Camacho, 1971, 20)

El otro aspecto a tener en cuenta es el escaso interés demostrado en esa época por la sociedad en general y por los potenciales alumnos dispuestos a matricularse en las asignaturas científicas, circunstancia que debe haber influido en la supresión de las cátedras de física y química, tal como ocurrió con el fracaso del proyecto para establecer una Escuela Politécnica. Estas disciplinas ofrecían escasas perspectivas para actuar profesionalmente y constituir un medio de vida económico. Es bien conocido el hecho de que por esos años sólo eran rentables las actividades relacionadas con la explotación pecuaria o aquellas vinculadas al comercio, y éstas no requerían el auxilio de egresados de ciencias exactas.

En cuanto a Carlos Ferraris, como queda expresado, mereció el aprecio y reconocimiento del coronel Arenales y de Gutiérrez y durante los últimos años de su estadía en la ciudad-puerto se desempeñó como encargado del Museo de Ciencias Naturales, una vez que las cátedras de física experimental y química quedaron suprimidas.

Asimismo, mereció el reconocimiento de A. D'Orbigny, quien le dedicó alguna de sus especies paleontológicas, *Ostrea ferrarisi* d'Orb. (Camacho, 1971, 22)

Del destino de los instrumentos y aparatos adquiridos para los laboratorios, en 1852 al regresar Gutiérrez a Buenos Aires se preocupó por su búsqueda y señaló que "se sacaron de la fortaleza en estado casi inservible los de física e historia natural y los de química salieron en 1853 en igual estado de las celdas del colegio" de Santo Domingo, (Gutiérrez, 320)

Como colofón cabe agregar que la enseñanza de la ciencia, y en particular de

enseñanza de la ciencia, y en particular de la física y química, careció de un ámbito adecuado para poder desarrollarse en Buenos Aires en la primera mitad del siglo XIX y sólo varias décadas después encontraron el aliento necesario para poder florecer con la creación del Departamento de Ciencias Exactas que impulsó Juan María Gutiérrez como decano de la universidad.

REFERENCIAS:

- A.G.N. Abreviatura de Archivo General de la Nación.

- Barón, M. (1981) "Octavio F. Mossotti. En el amanecer de la Ciencia Argentina" Ediciones Culturales Argentinas.

- CAMACHO, Horacio H. (1971) "Las Ciencias Naturales en la Universidad de Buenos Aires", EUDEBA.

- CARAFFA, Pedro J. (1926) "Contribución italiana al desarrollo intelectual de la República Argentina", La Plata.

- CRONICA (1827) - Abreviatura del periódico "Crónica Política y Literaria de Buenos Aires".

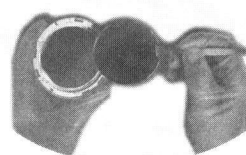
- GUTIERREZ, Juan María (1868) "Origen y desarrollo de la Enseñanza Pública Superior en Buenos Aires" Ediciones Culturales Argentinas (1915).

- HICKEN, Cristobal M. (1923) "La evolución de las ciencias. Estudios botánicos" Tomo VII. Sociedad Científica Argentina.

- ISABELLE, Arsenio (1943) "Viaje a Argentina, Uruguay y Brasil en 1830".

- MENSAJES DE LOS GOBERNADORES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES 1822-1849 (1976) Volumen I, La Plata.

- PICCIRILLI, Ricardo (1943) "Rivadavia y su tiempo".



XXV REUNION ANUAL DE LAS ASOCIACIONES INTERCIENCIAS (AI)

29 de septiembre al 1° de octubre de 1999

**Organizado por la Asociación Argentina
para el Progreso de las Ciencias (AAPC)**

*Lugar: Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
(Av. Alvear 1711, piso 4). TE: 4811-2998*

Temas a tratar :

- 1- Curiosidad, conocimiento y beneficios tecnológicos*
- 2- Financiamiento de las ciencias en el continente americano.*
- Incentivos para la ciencia y la tecnología*
- 3- Capitales de riesgo para el próximo milenio*
- 4- Ciencia y sociedad*
- 5- Conferencias especiales*

LOS RECURSOS GENETICOS MARINOS Y SUS SERVICIOS A LOS ECOSISTEMAS Y EL BIENESTAR HUMANO

Por Mauricio O. Zamponi (*)

reciera que los CNIDARIA han
scitado las expectativas en la
eva Era Tecnológica, y muchas
pecies de este grupo zoológico
están siendo utilizadas para
orar la calidad de vida.

Son innumerables los avances biotecnológicos en el último quinquenio de este siglo y diariamente nos sorprenden los progresos que se realizan en este campo de la ciencia. Dentro de este contexto aún quedan áreas del conocimiento que creíamos que no iban a ser exploradas y nuestros pre-

juicios fueron derrumbados cuando nos llegó información que la biotecnología también puso sus ojos en un grupo de invertebrados marinos conocidos como CNIDARIA, en especial en las medusas "aguas vivas", anémonas de mar y los corales.

Los cnidarios pertenecen a los invertebrados metazoarios inferiores y se caracterizan por ser el único filo que posee células urticantes denominadas cnidocistos. Los cnidocistos tienen importancia taxonómica, ecológica y zoogeográfica, ya que a través del estudio de estas células es posible conocer el status de una especie y si ésta se encuentra representada por clones (Zamponi y Acuña, 1994).

Este grupo zoológico comprende un conjunto de formas tan diversas como las vulgarmente conocidas anémonas de mar (pólipos) (fig.1) y aguas vivas (medusas) (fig.2). Entre los extremos de estas formas se encuentran una serie de especies también diversas en su habitat como por ejemplo, las conocidas hidras, muy comunes en arroyos y lagunas, mientras que el resto de las formas son de abolengo marino. Los cnidarios al estar en la base tron-



Figura 1: anémona de mar de los mares tropicales

Mauricio O. Zamponi: Licenciado en Zoología y Doctor en Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata. Es Investigador Independiente CONICET y Profesor Titular Ordinario de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Fue becario post-doctoral del Natural Sciences and Engineering Research Council (Canadá). Trabajo financiado mediante el proyecto PICT N° 07-00000-01534. BID 802/OC-AR.

cal de los organismos metazoarios, constituyen un grupo similar a un laboratorio de experimentación, donde la Naturaleza ha ensayado el empleo de diferentes modelos de funcionamiento, para luego perfeccionar aquellos más exitosos en los restantes filos de la escala evolutiva; como cita de esto último podemos mencionar la presencia de colágeno en las anémonas de mar que luego estará presente en la cola de los ratones y en la membrana basal del glomérulo.

Asimismo los cnidarios han desplegado todo un espectro de estrategias reproductivas, combinando la vía asexual y la sexual en un mismo organismo, y así asegurarse el éxito en los diferentes ambientes que han conquistado a lo largo de su historia natural. En consecuencia podemos decir que los cnidarios son marinos y dulceacuícolas y en estos ambientes se los puede hallar desde el intermareal marino hasta las grandes profundidades y desde un lago a un estanque.

Esta diversidad de ambientes también se debe a su capacidad osmorregulatoria, ya que la presencia de una tercer capa embrionaria (mesoglea) facilita el intercambio de iones y el pasaje de agua hacia el exterior como también hacia la cavidad del cuerpo. La facilidad del pasaje de iones sulfato a través de la mesoglea permite la flotabilidad y la migración vertical de las medusas en los diferentes estratos de la columna de agua.

Los CNIDARIA son en la actualidad intensamente estudiados en todo el mundo y a raíz de esos estudios empezó a conocerse su función ecológica en la economía del mar. En la República Argentina estos estudios se iniciaron en 1963 pero, a partir de entonces, el enfoque desde el punto de vista morfológico y descriptivo (Zamponi y Mianzan, 1994) se ha ampliado hacia aspectos bioecológicos, aunque todavía queda en nuestra ignorancia un gran vacío sobre el conocimiento de especies distribuidas en nuestras costas y profundidades marinas, como por ejemplo las formas arrecifales. Sin embargo, y a pesar de las dificultades, se ha avanzado mucho en el conocimiento básico de este grupo, y actualmente

podemos contar en nuestro país con siete especialistas activos en el tema que desarrollan su actividad científica en el ámbito del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Las investigaciones básicas continúan su camino en nuestro país y en los países desarrollados, y así lo demuestra el cúmulo de publicaciones que se reciben en nuestro ámbito de trabajo. Además, hace algunos años la transferencia tecnológica empezó a poner sus ojos en este grupo de invertebrados, por lo que cabe formularnos la siguiente pregunta:

¿POR QUÉ LA TECNOLOGÍA COMENZÓ A EMPLEAR A LOS CNIDARIA EN SUS CAMPOS DE APLICACIÓN?

Las respuestas a esta pregunta son múltiples, pero todas parten de la misma premisa, que primero los especialistas tuvieron que conocer y estudiar la organización y su comportamiento biológico, y a partir de este concepto básico y necesario, la utilización tecnológica inició sus primeros pasos en cuatro aspectos fundamentales:

-Experiencia espacial biomédica.

-Farmacología marina.

-Servicios de los cnidarios a los ecosistemas marinos.

-Cirugía ecológica.

Experiencia Espacial Biomédica

Entre los variados ejemplos de utilización tecnológica se puede citar la experiencia espacial biomédica llevada a cabo en 1991 por los técnicos de Cabo Cañaveral, de transportar 2478 pequeñas medusas a bordo del transbordador espacial Columbia (Spangenberg et al., 1994a, 1994b). Dichos animales junto con 20 ratas fueron transferidos al módulo Spacelab después que el transbordador alcanzó la órbita.

El empleo de las pequeñas "aguas vivas" es debido al hecho que estos animales poseen una red nerviosa de estructuración muy simple, lo que implica que conocer las respuestas en el espacio exterior de este tipo de sistema nervioso, permitirá profundizar el conocimiento y comprensión de sistemas nerviosos de alta complejidad como el del hombre (Zamponi, 1995).

A tales fines fueron empleadas formas pólipos y formas juveniles (Ephyrae) de la medusa *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) que se lanzaron al espacio por un período de nueve días para ser sometidas a una leve exposición durante la misión SLS-I.

El propósito de dicho experimento fue determinar si los pólipos podían metamorfosearse (proceso conocido como estrobilación) en medusas juveniles, y si las mismas tenían la capacidad de realizar en el espacio exterior movimientos de pulsación y natación. Las juveniles que habían sido desarrolladas en la Tierra y aquellas que lo habían hecho en el espacio, fueron sometidas a un test denominado "Aurelia Metamorphosis Test System" (AMTS) realizado por Spangenberg (1984).

Los resultados obtenidos de la misión SLS-I revelaron que las ephyrae pueden desarrollarse y realizar pulsaciones y movimientos natatorios en el espacio exterior. Las ephyrae desarrolladas en el espacio resultaron morfológicamente similares a aquellas que habían sido desarrolladas en la Tierra y ambos grupos no mostraron diferencias significativas en el número promedio de tentáculos. El promedio de estatolitos por rhopalio (=órgano sensitivo) en las medusas desarrolladas en la Tierra y en el espacio tampoco fue estadísticamente diferente, no obstante aquellas ephyrae inducidas a formarse en el espacio produjeron más estatolitos por rhopalio; también fueron registradas más pulsaciones en las medusas desarrolladas en el espacio después de realizado el vuelo de experimentación.

Farmacología Marina

También es interesante mencionar el caso de diversas especies de anémonas

de mar, por la importancia que tendrían en algunos ensayos en animales y células humanas, que prometen prolongar la juventud. Algunas de estas anémonas no muestran signos de envejecimiento y jamás pierden su colorido y belleza natural.

En busca de nuevos agentes terapéuticos, el Instituto Nacional de Cáncer en los Estados Unidos de América ha lanzado un programa muy agresivo con el fin de recolectar y examinar miles de organismos marinos como los cnidarios Gorgonacea, entre otros. El hallazgo en estos últimos de sustancias antitumorales abrirían nuevas esperanzas en la lucha contra enfermedades terminales. En dicho sentido el autor del presente artículo, en 1995 conversó con el Dr. A. Herrera, quien le refirió acerca de las investigaciones en ciencias médicas que el Instituto de Oceanología (Cuba) está realizando con ciertas especies de anémonas en la búsqueda de anticuerpos contra el Síndrome de HIV (Zamponi y Acuña, en prensa).

Es evidente que una de las ramas de la

tecnología, como puede ser la Farmacología Marina, también ha puesto sus miras en este grupo zoológico; esta disciplina ha registrado, en menos de 10 años, la existencia de zinc, cobre y calcio en los cnidocistos de ciertas anémonas y quizás algunos de estos elementos esté asociado a actividades hemorrágicas y proteolíticas de ciertas enzimas presentes en las anémonas.

Las toxinas extraídas de los cnidocistos de aguas vivas como las de los géneros *Chironex* y *Chrysaora* producen una poderosa contracción en la musculatura esquelética, respiratoria y lisa originando parálisis que en escasos segundos produce la muerte; de ahí entonces que países ribereños arbitren políticas sanitarias para la prevención de pérdidas lamentables y económicas (Zamponi, 1995).

Servicios de los Cnidarios a los Ecosistemas Marinos

Las formas arrecifales (figs. 3 y 4) también cumplen con su función biotecnológica,

ya que tienen un papel fundamental en la protección de los ambientes litorales.

Las barreras coralinas son el refugio de peces y crustáceos, que en casos particulares pueden albergar hasta 300 especies diversas. Estas barreras se están volviendo progresivamente blancas y la pérdida de color es considerada un indicador de contaminación, implicando peligro para la vida de las mismas; en consecuencia, la Unión Mundial para la Naturaleza y tres organismos de la Organización de las Naciones Unidas como Unef, Unesco y la Organización Meteorológica Mundial, decidieron lanzar un programa para vigilar, durante los próximos cinco años, las barreras coralinas más representativas distribuidas en el Caribe, sudeste asiático, Pacífico Sur y Océano Indico.

La pérdida de color es un fenómeno casi reciente, cuya aparición podría remontarse a 1989 en los corales de Jamaica; en 1991 el fenómeno comenzó a afectar también a los corales de Samoa, Okinawa, Tailandia y Bermudas.

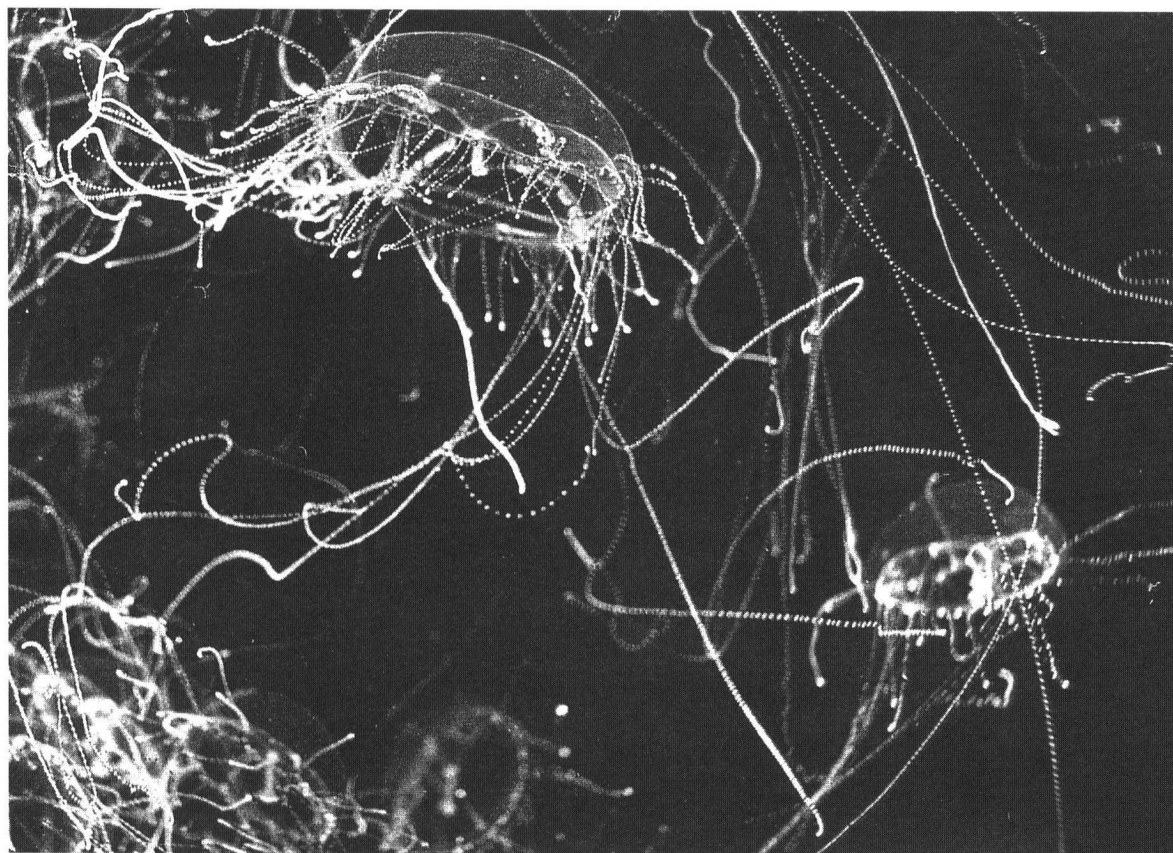


Figura 2: medusa (agua viva) bioluminiscente (tomado de Arrecifes Coralinos, 1992).

Cirugía Ecológica

Al abordar las formas coralinas no debemos dejar de mencionar las nuevas tecnologías en cuanto a implantes se refieren y que están revolucionando la cirugía reparadora, es decir que las prótesis biodegradables también han centrado su atención en los corales. Estas prótesis (fig. 5) desaparecen del organismo en el momento en que las células humanas reconstituyen el órgano perdido. Según Coperías (1992) muchas de estas prótesis están fabricadas a base de coral y otros organismos marinos, y por su estructura y composición química similar a la del hueso, el coral se presenta como un sustituto ideal de nuestro esqueleto.

Los osteoblastos (=células del tejido óseo) reconocen el material coralino y lo devoran formando el nuevo tejido. Cada año miles de personas reciben un implante de coral; ya sea para reconstruir la mandíbula o para restaurar la columna vertebral, brazos y piernas.

Según el Dr. Patat, impulsor de la cirugía ecológica, no todos los corales sirven para la fabricación de prótesis, hasta ahora sólo cinco especies de las 2500 catalogadas por los zoólogos marinos han sido seleccionadas por sus características biomecánicas muy próximas al tejido óseo. Según el mismo investigador pareciera que los corales procedentes de los mares del sur son los más apropiados.

Para finalizar, podemos sintetizar di-

ciendo que ante estos nuevos avances de la tecnología, los Cnidaria constituyen un grupo que muchas veces fue despreciado y relativizada su importancia, quizás debido al poco conocimiento que del mismo se tenía y a una ignorancia basada en preconceptos sustentados científicamente. Para evitar estos prejuicios se requiere de una política de apoyo sustentable a los diversos programas y proyectos que vayan surgiendo acorde a los logros obtenidos en el devenir del conocimiento.

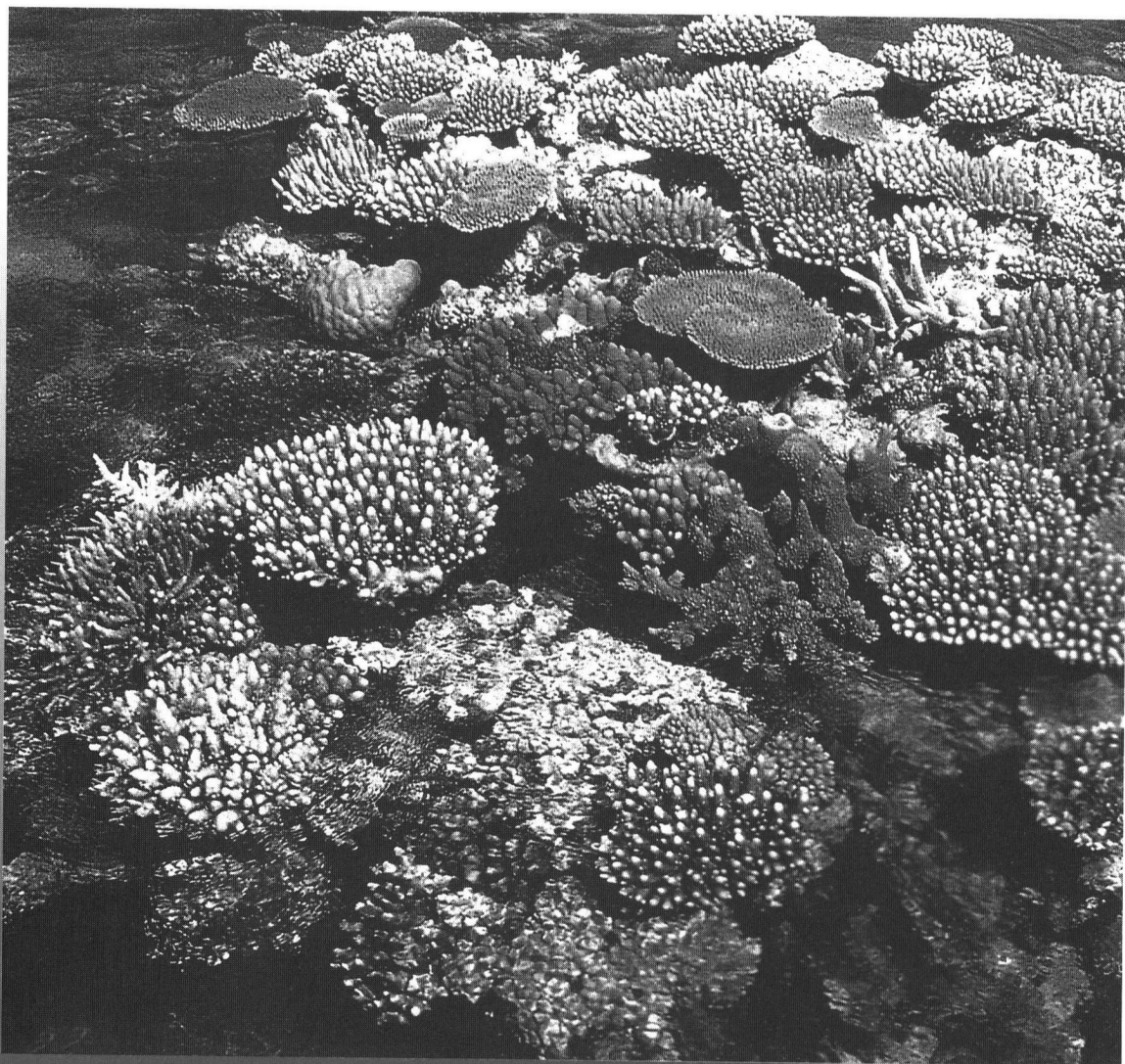


Figura 3: aspecto general de formas arrecifales coráligenas

Glosario de Términos Técnicos Empleados en el Texto

CICLO TRIFÁSICO: se halla constituido por la secuencia: juvenil (larva) pólip-medusa.

CLINES: variación morfológica de un carácter en una población animal en función de la latitud y la profundidad.

CNIDARIA: conjunto de animales marinos y dulceacuícolas que presentan alternancia de generaciones (fase asexual y fase sexual) en una misma especie y además presentan tres tipos de simetría: radial, ciclirradial y radio-bilateral.

CNIDOCISTO: producto de una secreción celular de una célula denominada cnidoblasto.

CORALES: cnidarios de esqueleto calcáreo o córneo que pueden constituir grandes extensiones formando los arrecifes hermatípicos o bien, estar formados por especies solitarias constituyendo los arrecifes ahermatípicos.

EPHYRAE: medusa juvenil de 4 a 5 mm de diámetro.

ESTATOLITO: concreciones calcáreas de carbonato de calcio (CO_3Ca) que se encuentran englobadas por epitelio constituyendo los órganos de equilibrio.

ESTROBILACION: proceso de multiplicación asexual siguiendo planos transversos de fisión que originan ephyrae.

FILO (PHYLUM): categoría taxonómica superior o animal que reúne a un conjunto de organismos que poseen características comunes.

GENERO: categoría taxonómica subordinada al filo y que no está definida objetivamente sino por referencia a su especie.

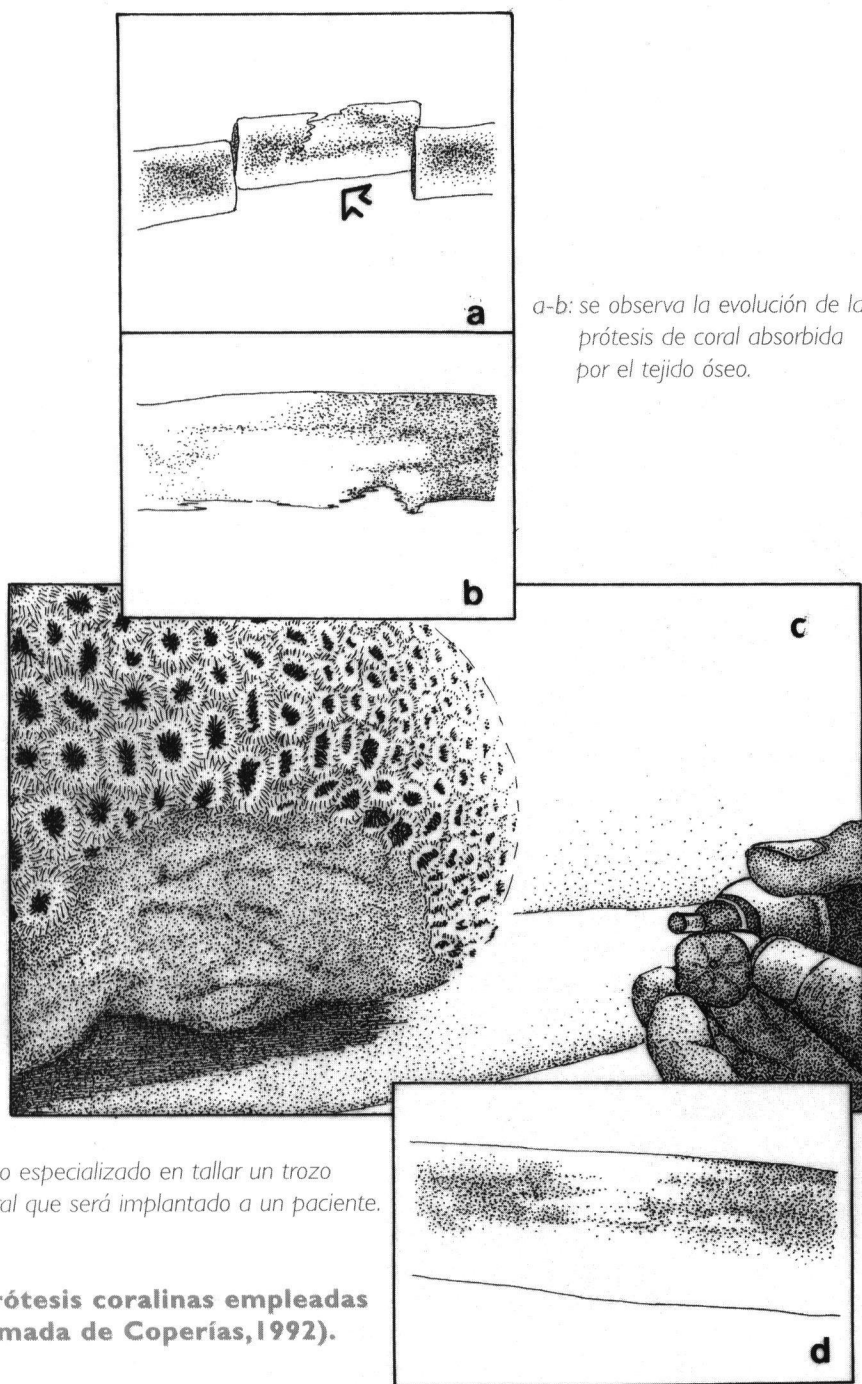
GLOMERULO: unidad funcional del riñón donde es filtrada la sangre.

GORGONACEA: corales córneos constituidos por un esqueleto de espículas y un centro axial córneo.

HIDRAS: formas polipoides dulceacuícolas. Desde el punto de vista taxonómico constituyen el taxón género que recibe el nombre científico de Hydra.

MEDUSA: fase libre de los ciclos trifásicos, portadora de las gónadas y encargada de la reproducción sexual con simetría radial.

MESOGLEA: tercer capa embrionaria de aparición tardía presente en el Phy-



a-b: se observa la evolución de la prótesis de coral absorbida por el tejido óseo.

c-d: técnico especializado en tallar un trozo de coral que será implantado a un paciente.

Figura 5: Secuencia gráfica de prótesis coralinas empleadas para la cirugía reparadora (tomada de Coperías, 1992).

lum Cnidaria. Se origina por migración celular de las células provenientes del ectodermo.

METAZOARIOS: organismos animales cuyas células están organizadas en tejidos para cumplir variadas funciones.

OSTEOBLASTOS: células generadoras del tejido óseo.

POLIPO: estructura con aspecto de columna, fija por la base, mientras el extremo opuesto lleva la boca rodeada de tentáculos, los cuales juegan un importante rol en la captura de alimentos. Interiormente se encuentra dividido en cámaras de disposición radial, clorradial y radio-bilateral.

RHOPALIO: órgano sensitivo o sensor común en las medusas de la Clase Scyphozoa.

BIBLIOGRAFIA

- ARRECIFES CORALINOS (1992) N° 11, Plaza & Janés, S.A. Editores. Barcelona.
- COPERIAS, E. (1992) Muy Interesante, 80:15-20.
- SPANGENDERG, D.B. (1984) Use of the Aurelia Metamorphosis Test System to detect subtle effects of selected hydrocarbons and petroleum oil.

Mar. Environ. Res., 14:281-303.

- SPANGENBERG, D.B.; JERNIGAN; MCCOMBS; B.T. LOWE; M. SAMPSON and J. SLUSSER (1994a). Development studies of Aurelia (Jellyfish) ephyrae which developed during the SLS-I mission. Adv. Space Res., 14:239-247.

- SPANGENBERG, D.B.; TJERNIGAN; PHILPUT and B. LOWE. (1994b) Gravitational sensor development in jellyfish ephyrae in space on Earth. 14:317-325.

- SPANGENBERG, D.B.; F.A. LATTANZIO, Jr.; C. PHILPUT; R. CHAWARTE; E. CO-

CCARO; B. LOWE and J. PHILPUT (1997) Effects of weightlessness on budding and ephyrae development in Aurelia aurita (Linnaeus 1758) (Scyphozoa; Stolidae). Proc. 6th Int. Conf. Coelenterate Biology (1995) 447-451, tabs. 1-3.

- ZAMPONI, M.O. y F.H. ACUÑA (1994) La variabilidad de los cnidocistos y su importancia en la determinación de clones. Physis (Buenos Aires), Secc. A, 49 (116-117):7-18.

- ZAMPONI, M.O. y H.V. MIANZAN (1994) Coelenterate Research in Argentina. Plankton Newsletter, 19:22-26.

- ZAMPONI, M. O. (1996) Finas joyas de la naturaleza: las "aguas vivas". Ciencia e Investigación, 48 (1-2):16-20.

- ZAMPONI, M.O. y F.H. ACUÑA. Síntesis sobre la ecología trófica de las anémonas de mar (Cnidaria: Actiniaria) intermareales del Mar del Plata y zonas adyacentes. En prensa en revista Physis (Buenos Aires).

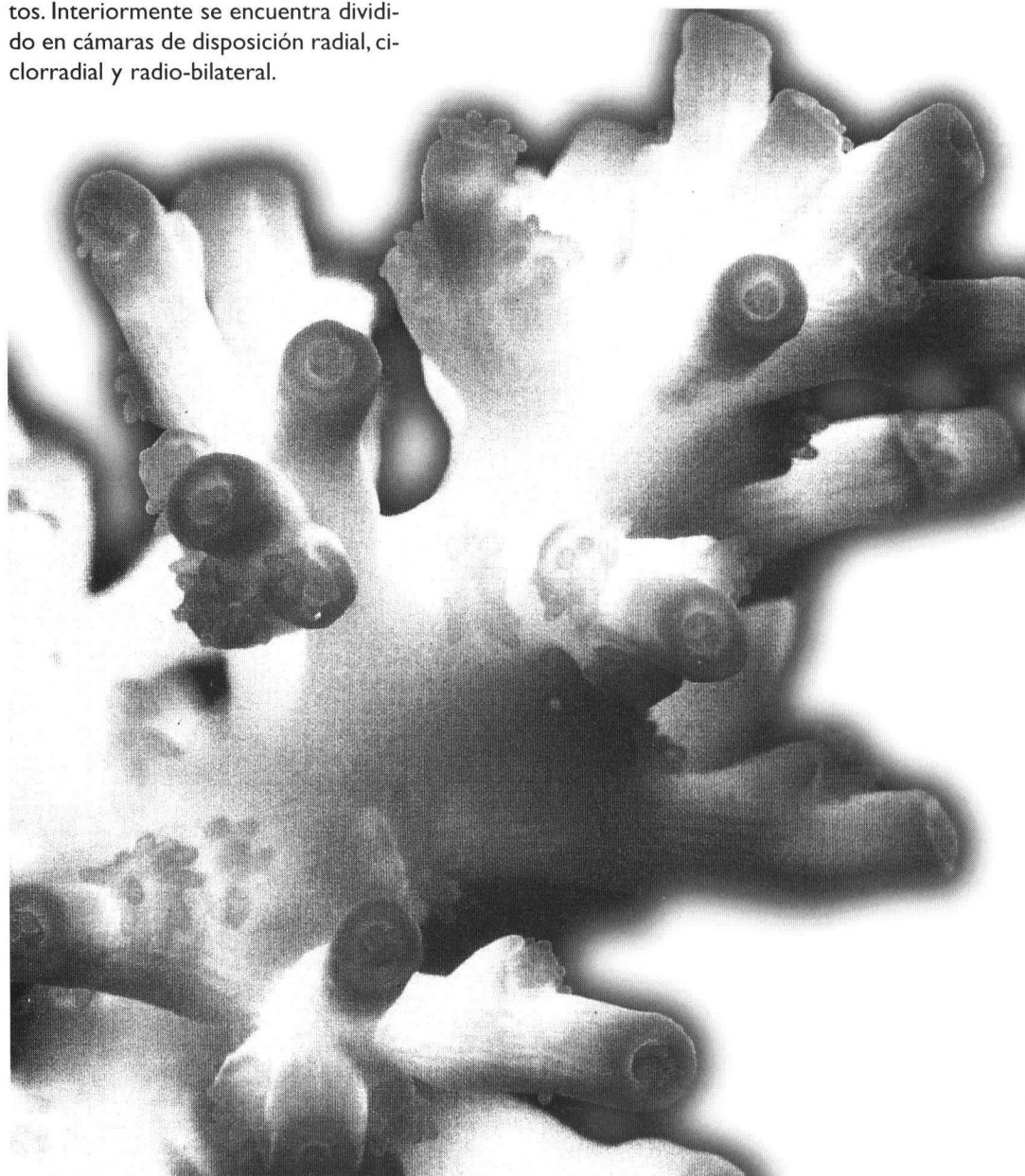


Figura 4: detalle de un coral. (tomado de Arrecifes Coralinos, 1992).

LAS NEGOCIACIONES DEL PROTOCOLO DE BIOSEGURIDAD EN EL MARCO DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Arturo J. Martínez CEFYBO (CONICET)

la incorporación de tecnologías avanzadas provenientes de la biotecnología han tenido aceptación en la agricultura argentina, particularmente la introducción de variedades transgénicas de soya y maíz. Esta tecnología ha permitido al agricultor reducir importantes insumos -como los agroquímicos- especialmente en el cultivo de soja disminuyendo el impacto ambiental de los herbicidas sobre el suelo, el agua y la biodiversidad.

Asimismo y simultáneamente con la introducción de estas nuevas tecnologías, la Argentina, desde 1992 estableció un procedimiento de salvaguarda del ambiente para evitar que las mencionadas variedades, denominadas también con el acrónimo genérico de Organismos Vivos Modificados genéticamente (OVM), pudieran causar impactos sobre la biodiversidad. Entre los impactos más importantes a evitar se incluye la diseminación de genes de resistencia a enfermedades o a herbicidas a través de la reproducción sexual en malezas afines a las variedades cultivadas. Un ejemplo de esto fue el caso de la no autorización del cultivo de la

variedad transgénica canola o colza debido a que en la pradera pampeana viven especies afines al cultivo con las cuales se pueden hibridar ya que son auto-incompatibles y por lo tanto de reproducción cruzada obligatoria.

El procedimiento de salvaguarda establecido en la Argentina comienza con el estudio de los protocolos científicos. Dichos protocolos provistos por los productores de semillas son analizados por la Comisión Nacional de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) creada en 1992 en la Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca y Alimentación. Este es el paso inicial para autorizar las nuevas variedades de OVM. En este aspecto la Argentina fue el único país en desarrollo que se adelantó en la aplicación de salvaguardas ambientales antes de la aprobación en junio de 1992 en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro de la Agenda 21 y del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Ambos instrumentos internacionales contienen recomendaciones y disposiciones respectivamente, para el uso seguro de la biotecnología. El Convenio sobre la Diversidad Biológica,

en particular establece en el Artículo 19,3 que los países Partes de dicho Convenio (Argentina es parte del mencionado Convenio desde noviembre de 1994) adoptarán procedimientos adecuados, incluido el Consentimiento Fundamentado Previo, en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización de cualesquiera OVM resultante de la biotecnología que pueda tener efectos adversos sobre la conservación y la utilización sustentable de la diversidad biológica. Dicho Consentimiento Fundamentado Previo es el procedimiento que Argentina ya implementó. La 2da reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica celebrada en Yakarta en 1995 aprobó iniciar negociaciones para lograr un instrumento vinculante internacional: "Protocolo de Bioseguridad". Este protocolo establecerá un procedimiento de Acuerdo Informado Previo (este mecanismo es similar al Procedimiento Informado Previo incluido en el Art. 19.3 del Convenio) para el movimiento transfronterizo de organismos vivos modificados por métodos biotecnológicos, así

como los mecanismos de colaboración internacional para asistir a los países en desarrollo a implementarlo mediante programas de capacitación y la financiación correspondiente.

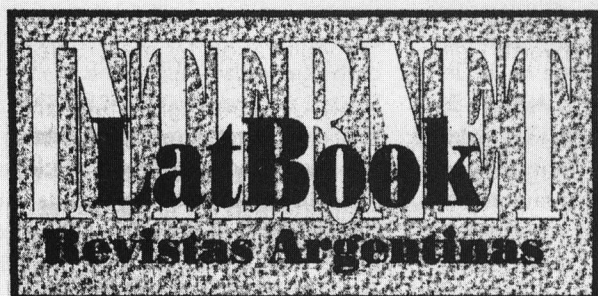
Desafortunadamente, en las negociaciones de este protocolo la mayoría de los países importadores de alimentos y en especial la Unión Europea, sumó a los temas estrictamente ambientales otros relacionados al comercio. Esta estrategia de negociación desarrollada por la Unión Europea la lleva adelante mediante la introducción de la aplicación del procedimiento de Acuerdo Informado Previo no sólo a las semillas para la multiplicación y reproducción, sino también a los granos para alimentación y proceso (commodities). En el proyecto de Protocolo de Bioseguridad, uno de los elementos que confunden la semillas con los "commodities" es la introducción del tema de salud en la aplicación del procedimiento de Acuerdo Informado Previo, aunque no existen evidencias científicas que los alimentos que contengan soja o maíz transgénicos afecten la salud humana o animal. Sin embargo, basándose en el Principio Precautorio consagrado en la Cumbre de Río de Janeiro que permite el establecimiento de medidas para evitar impactos ambientales haya o no evidencias científicas, la Unión Europea introduce la presunción de que los OVM podrían ser alergénicos. Al mismo tiempo, la misma región se opuso a incluir dentro del Protocolo de Bioseguridad cualquier disposición que obligara a los países a regular el movimiento transfronterizo de OVM usados en la industria farmacéutica. Esta inconsistencia demuestra que su objetivo ha sido instrumentar nuevas barreras pa-

rarancelarias para restringir la importación de "commodities" provenientes de los países exportadores de alimentos como la Argentina, Canadá, Estados Unidos o Australia.

La utilización de este Protocolo para justificar barreras pararancelarias ha desviado una discusión válida como es la percepción que el consumidor tiene sobre los productos de la biotecnología para el bienestar humano. Por un lado se observa que mientras que los productos farmacéuticos derivados de la biotecnología son recibidos como un medio beneficioso por el consumidor europeo para combatir las enfermedades, por el otro, el mismo consumidor no tiene la misma percepción en el caso de productos alimenticios derivados de la misma tecnología. En un reciente artículo, Gaskell y col. (1999) demuestran que existe una reacción diferente entre el consumidor europeo y el norteamericano con respecto a la aceptación de este tipo de alimentos. Aparentemente, estas diferencias se deben a pautas culturales y de confianza que los consumidores tienen hacia los organismos públicos que garantizan la calidad y son responsables de la autorización de comercialización de estos alimentos. En ese sentido, los europeos -debido a otras experiencias como la falta de prevención de alimentos carnosos provenientes de vacunos con encefalitis espongiforme bovina en Inglaterra o los casos de intoxicación debido a dioxina detectada en los envases de Coca Cola de Bélgica- desconfían de la capacidad técnica de los organismos públicos responsables de asegurar la calidad de los alimentos que se comercializan en dicha región. En cambio el consumidor norteameri-

cano confía en las decisiones que toma el Food and Drug Administration (FDA) o el US Department of Agriculture (USDA).

El consumidor argentino aún no ha manifestado su preferencia. Sin embargo, el uso de OVM para producir alimentos es tan importante para nuestro país como para la mayoría de los países desarrollados. Argentina es el segundo exportador de soja transgénica del mundo la que representó el 73% de la cosecha 1998-99 aproximadamente 73% de la producción total de dicho cereal. Por este motivo es necesario que la comunidad científica de nuestro país participe de las discusiones y el esclarecimiento sobre el tema lo más posible. Hábilmente cuenta de que nuestro país apostó fuertemente y participó activamente en la investigación, desarrollo y comercialización de productos tanto farmacéuticos como alimenticios derivados de la biotecnología debe seguir los ejemplos de otros países como Brasil y Estados Unidos. Brasil, en la última reunión de la Asociación Brasileña para el Progreso de la Ciencia realizada en Porto Alegre este año abrió el debate sobre todos los aspectos: científicos, económicos y políticos sobre el cultivo de soja transgénica y otros cultivos contribuyendo así la comunidad científica de manera sustancial al debate nacional e internacional sobre la materia. Asimismo, en el caso de los Estados Unidos, la Asociación para el Progreso de la Ciencia publicó varios artículos sobre el tema, culminando la edición del 16 de julio de 1999 la revista Science con una serie de artículos sobre los adelantos, usos y percepción del consumidor de los productos derivados de la biotecnología.



CIENCIA E INVESTIGACION
incluye los sumarios de sus ediciones en
la base de datos Latbook (libros y revistas)

Disponible en INTERNET
en la siguiente dirección:

<http://www.latbook.com.ar>

UN CIENTÍFICO PUEDE ANUDARSE LA CORBATA EN 85 FORMAS DIFERENTES (*)

(*) Reproducción de un artículo publicado en The New York Times el 9 de marzo de 1999 con la firma de Henry Fountain.

Los científicos están constantemente haciendo esfuerzos para hacer el bien al hombre común. Ahora, dos físicos en Gran Bretaña se han puesto en la tarea de ayudar al hombre "bien vestido".

Buscando una unión entre la ciencia y la belleza, Thomas M. A. Fink y Young Mao, investigadores de la Universidad de Cambridge, han aplicado el rigor matemático al más básico de los arreglos masculinos, el nudo de la corbata. En este proceso ellos han demostrado seis formas nuevas de hacer el nudo de la corbata.

El doctor Fink, quien en sus momentos serios investiga acerca de la forma de plegarse de las proteínas y el doctor Mao que se especializa en coloides y polímeros, han tenido la idea que el mundo debe estar listo para uno o dos nuevos nudos.

De las cuatro formas comunes en uso, el "four-in-hand" ("cuatro en una mano", así llamado porque fue usado por los conductores de los coches de cuatro riendas en una mano), se registra desde el siglo XIX, mientras los Windsor y sus familiares relacionados, se hicieron populares en los años 1930 gracias al Duque de Windsor. Solamente el nudo Pratt, publicitado hace una década, tiene una historia más reciente y algunos lo descartan por ser un simple Windsor al revés.

"Nosotros pensamos que probablemente hay nudos desconocidos que aún pueden ser desarrollados" aseguró el doctor Fink. La idea fue crear un marco matemático que tome los ele-

mentos de hacer un nudo. "La parte difícil fue convertir el criterio estético en un problema matemático".

Los científicos describieron su investigación en una edición de marzo de la revista Nature, usando como modelo de hacer un nudo la idea de recorrer un camino al azar en un esquema geométrico triangular. Esta estructura tiene tres ejes y los movimientos a lo largo de ellos corresponden a los tres posibles movimientos del extremo de la corbata: a la izquierda, a la derecha y al centro.

Una caminata al azar es nada más que eso, es como si un ebrio estuviera caminando en una habitación, siendo capaz de controlar la dirección de cada paso. La trayectoria resultante satisface ciertas propiedades matemáticas, haciendo el caminar al azar algo útil para explicar un fenómeno físico como la difusión de los gases.

Los doctores Fink y Mao utilizaron una variable conocida como "caminata al azar persistente" en la cual los movimientos consecutivos no pueden ser realizados en la misma dirección (por la razón obvia que al hacer el nudo, un movimiento tal como pasar la parte más ancha de la corbata hacia la derecha sobre la más angosta, no puede ser realizado dos veces en forma consecutiva). Ellos también han debido tomar en cuenta otras características al hacer el nudo de la corbata: los movimientos alternan entre mover hacia delante y hacia fuera con respecto de la camisa. En su trabajo, describen un mapa del camino de los movimientos de la par-

te ancha de la corbata.

Utilizando un límite superior de nueve movimientos (basado en consideraciones prácticas como el largo de la corbata) los investigadores determinaron que son posibles 85 nudos diferentes. Pero cuando consideraron las cualidades estéticas, tales como la simetría (igual número de movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha) y el equilibrio (la secuencia de movimientos con una buena mezcla pueden ser mejores), la lista se redujo a 10, incluyendo a los cuatro de uso común. Los nudos con números pares de movimientos comienzan con un movimiento hacia la camisa, mientras que aquellos con número impar comienzan con un movimiento de alejamiento de ella (y deben comenzar con la corbata adentro). El doctor Fink dice que la conexión con la idea del caminar al azar fue la llave de su análisis: "ensayamos con corbatas en el laboratorio, pero no fue obvio al principio que el tema era de esta simplicidad matemática".

Cuanto más experimentaban (eventualmente cambiando piezas pequeñas de una cuerda porque era más fácil ver lo que estaba sucediendo) más reconocían que anudar una corbata es como atarla alrededor de una rueda de tres rayos. El doctor Fink dice que "cuando uno se da cuenta de ello, se vuelve aparente que una caminata en una estructura de red triangular demuestra que la matemática está andando".

El doctor Fink usa a menudo una corbata cuando se encuentra en su laboratorio y especialmente a la hora de

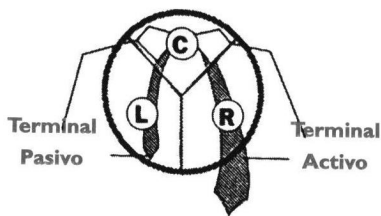
las comidas, ya que Cambridge aún exige saco y corbata en el comedor. El optaba por el nudo medio-Windsor (el cual, tanto él como el doctor Mao accotan, es en realidad un tres cuarto de Windsor). Pero ahora, a menudo practica uno de los nuevos nudos simplemente como "7,2", el 7 indica el número total de movimientos (no incluyen-

do el movimiento final a través de la vuelta o loop que asegura el nudo) y el 2 indica el número de movimientos centrales. Es importante un nombre, reconoce Fink, "pero cuando usted tiene seis nudos se le acaban los nombres y no le hemos puesto nombre a ninguno de ellos". Los investigadores les dejan a otros los

demás nudos. La carrera investigativa referida a la moda ya pasó, ahora está de regreso a las proteínas, los coloides y otros asuntos teóricos. "Realmente tratamos de llegar tan lejos como pudimos" sostiene Fink, agrega "pero no creo que vayamos a cambiar nuestros temas de investigación por el de los nudos de corbata".

UN "NUDOSO" PROBLEMA MATEMÁTICO

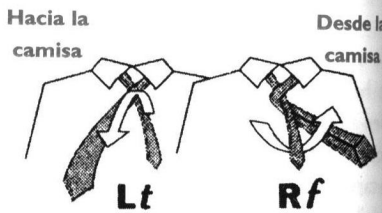
No satisfechos con las limitaciones de los sastres de los estilos "for-in-hand" y Windsor, dos científicos británicos desarrollaron una fórmula para clasificar todos los posibles nudos de corbata "estéticos". He aquí cómo trabaja:



El área de la camisa tiene tres regiones: izquierda, derecha y centro. La corbata en sí tiene terminales activos y pasivos.

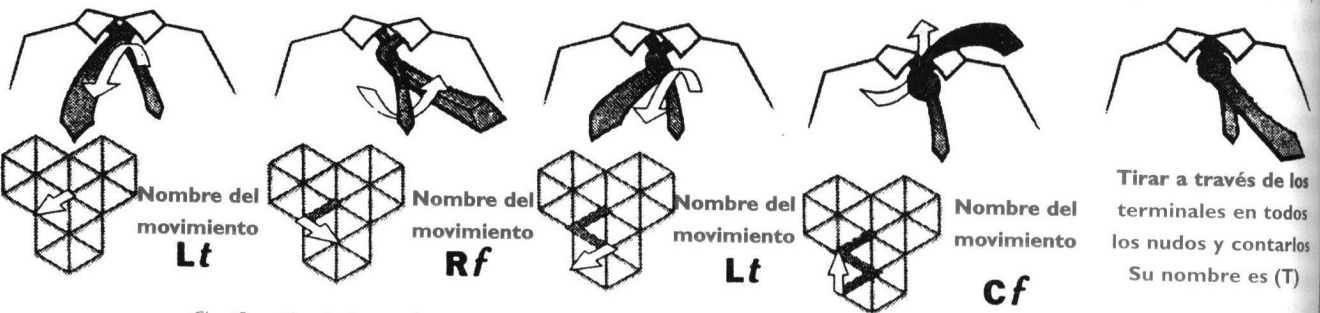


Cada movimiento al hacer el nudo se lo nombra por el terminal activo de la corbata.



Los movimientos son además definidos como: "hacia la camisa" (t) o "desde la camisa" (f).

La secuencia de movimientos para cada tipo de nudo corresponde a una secuencia de "caminata al azar" a lo largo de las líneas de una estructura de red triangular. Aquí tenemos la secuencia para el nudo "cuatro en una mano" (four-in-hand knot).



Clasificación de los nudos

A los nudos se les asignan valores por su tamaño, forma, y valores por su tamaño y equilibrio.

Simetría: movimientos hacia la derecha menos movimientos hacia la izquierda.

Resultado: grado hacia el cual los movimientos son mezclados.

Tamaño: número de movimientos a la derecha, izquierda y centro.

Forma: los movimientos centrales divididos por todos los movimientos.

Ejemplo: la secuencia "four-in-hand" es: Lt Rf Lt Cf

Tamaño= 4 Forma=25 Simetría=-1 Balance=1

Gráfico de los resultados

Un cálculo complejo nos da la fórmula para los nudos más comunes y varios cambios, dos de los cuales se los describe.

Nombre	Tamaño	Secuencia del nudo
"Four in hand"	4	Lt Rf Lt Cf T
"Windsor"	8	Lt Cf Rf Lf Ct Rf Lt Cf
"Medio Windsor"	6	Lt Rf Ct Lf Rt Cf
"7,2"	7	Lf Rt Lf Ct Rf Lt Cf
"9,4"	9	Lf Ct Rf Ct Lf Ct Rf Lt Cf

Observación: la corbata debe ser dada vuelta hacia afuera al comienzo de las secuencias que comienzan con un movimiento hacia adelante (f).

APOYO A CIENTIFICOS ARGENTINOS Y ALEMANES

Con el fin de fortalecer la cooperación científica e intensificar las relaciones entre los centros de investigación y las universidades de Alemania y la Argentina, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y el Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) acordaron un programa de financiamiento de proyectos conjuntos de investigación científica y tecnológica, denominado PROALAR.

A partir de este programa ambas instituciones realizarán concursos de proyectos mediante convocatorias públicas y periódicas. El objetivo es apoyar a grupos de científicos de ambas naciones, financiando viajes y estancias que incluyan el perfeccionamiento y la especialización de jóvenes investigadores, en el marco de proyectos conjuntos seleccionados por concursos. Este nuevo convenio de la Agencia, destinado a estimular las actividades científico- tecnológicas en nuestro país, se suma a los anteriormente suscritos con las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza y Neuquén; las empresas Sancor, Siderar y Siderca; la Fundación Green Cross Argentina y el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI).

CAMBIOS EN EL DIRECTORIO DEL CONICET

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) renovó en el mes de junio la mitad de su Directorio. De este modo se incorporaron los doctores Esteban Alberto Brignole y Julio Alberto Luna, en reemplazo de los doctores Roberto Williams y Florencio Aceñolaza.

Esta renovación se realizó en cumplimiento del artículo 6 del Decreto N° 1661/96 que establece el recambio de la mitad del directorio cada dos años. Por su parte, el licenciado Marcelo Daelli y el doctor Juan Tirao fueron confirmados en sus cargos.

El Lic. Marcelo Daelli, Vicepresidente de Asuntos Tecnológicos del CONICET en la Feria Internacional de Tecnología de Flandes, Bélgica (abril de 1999).



PREMIO NUEVAS INGENIERIAS

La Secretaría de Ciencia y Tecnología tiene abierta la inscripción para el Premio "Nuevas Ingenierías", cuya temática para 1999 es la "Ingeniería Médica", hasta el 15 de septiembre.

Este concurso, convocado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y el Centro Argentino de Ingenieros (CAI) otorgará como distinción un diploma y 5.000 pesos.

El requisito fundamental para la participación es que al menos uno de los autores del trabajo posea título de ingeniero, resida en el país, y acredite no menos de 5 años de ejercicio profesional. El jurado premiará a la mejor contribución, que podrá corresponder a un trabajo de investigación científica, de desarrollo tecnológico o a la mejor innovación productiva.

El trabajo debe ser original y creativo, y debe constituir un aporte trascendente o representar un avance significativo en el campo seleccionado, ya sea por sus elementos conceptuales, como por sus aplicaciones productivas reales o potenciales.

La Ingeniería Médica constituye una rama destinada a desarrollar innovaciones, instrumentos o métodos para asistir en la práctica de la medicina, tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de enfermedades. A modo de ejemplo se pueden mencionar algunos desarrollos referidos a la temática propuesta:

- La fabricación o el diseño conceptual, o de detalle, de prótesis pasivas o activas de todo tipo.
- El diseño o prueba de materiales biológicos y su uso en cirugías, prótesis o implantes.
- Dispositivos, sistemas o instrumentos para la medición, monitoreo, almacenamiento, registro, o procesamiento de señales biológicas.
- Accesorios, innovaciones, mejoras, diseño, construcción o procesamiento de la información de sistemas de medicina nuclear, equipos radiológicos, sistemas para resonancia magnética nuclear, uso y aplicaciones de láser, etc.

Los trabajos presentados al concurso serán publicados total o parcialmente por el Centro Argentino de Ingenieros. Para mayor información comunicarse con el CAI (Cerrito 1250), teléfono 4811-3630; o consultar en la página de Internet:

<http://www.agencia.secyt.gov.ar/actualidad/nuevasing.htm>

SOCIEDAD DE LA INFORMACION EN EL MERCOSUR

La Reunión Especializada en Ciencia y Tecnología (RECyT) del Mercosur definió como prioridad para 1999 el Programa de Sociedad de la Información para la región, que tiene por objeto tratar los contenidos informativos en los sectores nacionales prioritarios.

El marco inicial del proyecto será el seminario de especialistas sobre Sociedad de la Información en el Mercosur y América Latina, que se realizará del 22 al 24 de septiembre en Buenos Aires, organizado por la RECyT y el Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia (IEC), y contará con el apoyo de INFOLAC/UNESCO.

Dicho seminario tendrá por objetivo establecer mecanismos permanentes de diálogo entre el Mercosur y América Latina sobre las políticas de desarrollo de la Sociedad de la Información; integrar en un Foro sobre la Sociedad de la Información a los actores representativos; incentivar la puesta en agenda común de las prioridades sobresalientes del proyecto de construcción de esa Sociedad y dotar de visibilidad a las políticas desarrolladas en este marco. Asimismo se propone incentivar la sensibilización, el conocimiento y el debate de la propuesta de la Sociedad de la Información en el marco institucional y académico del Mercosur y América Latina, además de consolidar una masa crítica capacitada para desarrollar mecanismos de intercambio entre el Mercosur, América Latina y Europa en políticas de desarrollo de la Sociedad de la Información.

REUNION DE ASOCIACIONES INTERCIENCIAS

La Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC) realizará del 29 de septiembre al 1 de octubre su XXV Reunión Anual de las Asociaciones Interciencias (AI).

Los temas seleccionados por el Colegiado Directivo de la AAPC, para que sean tratados por especialistas y delegados del continente americano, son:

- 1- Curiosidad, conocimiento y beneficios tecnológicos
- 2- Financiamiento de las ciencias en el continente americano. Incentivos para la ciencia y la tecnología
- 3- Capitales de riesgo para el próximo milenio
- 4- Ciencia y sociedad
- 5- Conferencias especiales

El programa tratará de estimular la asistencia de una amplia gama de participantes e incrementar el peso de las asociaciones científicas argentinas en el ámbito regional.

Participarán delegados de toda Latinoamérica para discutir acerca de la situación de las ciencias en sus respectivos países.

La reunión se realizará en la sede de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Av. Alvear 1711, piso 4).

Para mayor información comunicarse al teléfono 4783-2869, fax 4786-2564 o al e-mail abaladi@ibyme.dna.uba.ar del Doctor Alberto Baldi, Presidente de la A.A.P.C.

CURSO DE GESTION TECNOLOGICA

Durante la primera quincena de octubre se realizará en Buenos Aires un Curso Internacional de "Gestión de Tecnología para el Mejoramiento de Calidad y de Competitividad en la Industria".

El objetivo de este curso, que se realiza por primera vez en el país, es proveer los conocimientos básicos para un mejor desempeño personal y de grupo en las unidades donde se trabaja. Esta mejora lleva aparejado un incremento de la competitividad institucional, o sea un mejoramiento de las funciones y resultados que la unidad provee a sus clientes. ¿Cómo se consigue ese mejoramiento de funciones y de desempeño? ¿Qué herramientas pueden ser aprendidas para que se produzcan los cambios? En suma, si se entiende que primero se crea tecnología y luego es necesario adaptarla, se denomina gestión tecnológica al arte de manejar los conocimientos y las acciones que conduzcan esa adaptación a la sociedad, lo que da lugar a la rentabilidad.

La organización de este encuentro destinado a instituciones públicas y privadas (empresas, universidades, centros de investigación, entre otros), que se desarrollará en el marco del Plan Estratégico 1997/2001 del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral de la OEA, estará a cargo de la Fundación FUNPRECI, miembro local del Consejo de Asociaciones de Investigación Industrial de las Américas (CIRAA).

Para mayor información comunicarse a la Fundación teléfonos 4371-1433, 4372-1170, 4375-5988; e-mail funpre@ibm.net

COLEGIADO DIRECTIVO

Presidente

Dr. Alberto Baldi

Vicepresidente

Dr. Marcelo Dankert

Secretario

Dr. Carlos A. Rinaldi

Tesorero

Dra. Clara K. Fishman

Protesorero

Dr. Horacio H. Camacho

Miembros titulares

Dr. Máximo Barón

Dra. Nidia Basso

Dr. Eduardo Charreau

Dr. Augusto García

Dr. Eduardo L. Palma

Dr. Saïd U. Rifé

Dr. Carlos Segovia Fernández

Dr. Alberto C. Taquini (h)

Dra. Susana E. Trione

Dr. Marcelo Vernengo

Sociedades Científicas que participan del Colegiado

Sociedad Argentina de Biología

Sociedad Argentina de Farmacología Experimental

Sociedad Argentina de Investigaciones Bioquímicas

Sociedad Argentina de Investigaciones Clínicas

Unión Matemática Argentina

Miembros Fundadores

Dr. Bernardo Houssay

(1887-1971)

Dr. Eduardo Braun Menéndez

(1903-1959)

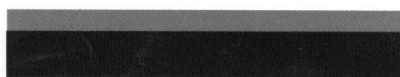
AV. ALVEAR 1711 - 4º PISO

(1014) BUENOS AIRES - ARGENTINA

TRABAJOS DE PRÓXIMA APARICIÓN:

- Gutman, I. y E.A. Castro. **“La relación entre la Química y la Matemática”**.
- Rinaldi, C.A., H. Cazeneuve y R. S. Ozu. **“La depresión de la Capa de Ozono en la Antártida, en 1998”**.
- Cazeneuve, H., R.S. Ozu y C.A. Rinaldi. **“El Niño y la Niña”**.
- Radicella, R. **“La Química nuclear argentina en la década del cincuenta y el descubrimiento de nuevos radioisótopos”**.

YPF



En todo el país.

