

Entrevista a Leonardo Moledo

“Más que dar respuesta, hay que estimular las preguntas”

Por Susana Gallardo y Julia Pettinari

Licenciado en Matemáticas egresado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, docente universitario, escritor y periodista especializado en temas culturales y científicos. Es autor de libros de difusión científica para niños y jóvenes: De las tortugas a las estrellas (A-Z Editora, 1994), la colección De los átomos a las estrellas: La evolución, El Big Bang y La Relatividad del movimiento (Libros del Quirquincho, 1995), Curiosidades del planeta Tierra (Sudamericana, 1997) y Curiosidades de la ciencia (Sudamericana, 1997). Entre sus obras de ficción se encuentran las novelas La mala guita, Verídico informe sobre la Ciudad de Bree y Tela de juicio; dos obras teatrales: Las reglas del juego y ¿Usted cómo me encuentra?, y varios cuentos publicados en diarios, revistas y antologías. En 1996 escribió una Agenda científica y la serie de fascículos Un viaje por el universo, ambos editados por el diario Página/12. Actualmente es el Director del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, y editor del suplemento Futuro de Página 12.



QV: *¿Cómo se llega de la matemática a la divulgación científica?*

LM: En realidad soy un ex matemático, hace mucho que no ejerzo. Yo siempre tuve una veta literaria, me dedicaba a la matemática pero también a la literatura: escribía cuentos, novelas. Trabajaba en *Clarín* en el suplemento de Cultura, comentaba libros, hacía notas de cultura en general. Y, en el suplemento de ciencia, como tenía cierta facilidad y conocimiento de esos temas, me pidieron que empezara a escribir una columna que después remató en un libro, y de alguna manera empecé con la actividad.

QV: *¿Ejerció como matemático?*

LM: Hice un poco de investigación y di clases, en la UTN y en La Plata. Pero no gran cosa. Hice un poco de investigación en análisis numérico, pero eso terminó pronto. En realidad, no era lo que más me interesaba.

QV: *Entonces se dedicó de lleno a la divulgación de la ciencia.*

LM: Y me dediqué también a la filosofía de la ciencia y a la historia de la ciencia, a los estudios de epistemología, hice seminarios en el tema en Sadaf, que es la Sociedad Argentina de Análisis Filosóficos. Me fui autoformando. Después ingresé en el Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. Allí me puse a teorizar un poco sobre la divulgación de la ciencia. Es tal vez lo que nos pasa a todos los que hacemos esto, nos ponemos a reflexionar sobre lo que hacemos.

QV: *¿Y cómo fue el comienzo en Página 12?*

LM: Yo colaboraba esporádicamente en *Página 12*, y cuando se fue el editor de Futuro, que era Rolando Graña, me llamaron para hacerme cargo del suplemento. Eso fue en el 97. Es un lugar donde me siento realmente cómodo, tanto laboral como ideológicamente.

QV: *Y le dio un estilo propio.*

LM: A mí me gusta la reflexión sobre la ciencia. En primer lugar, como es un suplemento, no puede estar atado a la cosa del día. El suplemento, que sale los sábados, se cierra el miércoles. Si pasa algo el jueves, no puedo dar cuenta de ello. Entonces lo que se hace, más bien, es reflexionar. También agregué noticias de las principales revistas científicas, como *Science* o *Nature*, a las que el lector no tiene generalmente mucho acceso.

QV: *¿Cuál es el público al que está dirigido el suplemento?*

LM: Uno nunca tiene claro cuál es el público. Por empezar, se trata del público de *Página 12*, que ya es un público especial. Yo escribo una columna donde planteo enigmas, y recibo cartas de mucha gente de Exactas con posibles soluciones.

QV: *Y la otra actividad importante es el Planetario...*

LM: Acá me llamaron muy sorpresivamente, fue un llamado que no esperaba, una persona que yo no conocía. Y me ofreció esto, que yo acepté. Me sentí muy bien. Cuando a uno lo llaman porque lo leyeron, uno se siente muy bien. Fue un desafío que salió bien. Esto fue a fines del 2000. El Planetario era un artefacto didáctico apagado y en estado larval, y ahora no lo es, más allá de los problemas y de las crisis y, ahora, del problema de la seguridad, que nos obligó a retrasar el comienzo de las funciones. Pero pudimos hacer gran parte de lo que nos habíamos propuesto. Algo que uno aprende es que nunca se puede hacer todo lo que uno se había propuesto.

QV: *No, pero tal vez una buena parte...*

LM: Si uno hace el 20 por ciento de lo que se había propuesto, puede darse por satisfecho.

QV: Pero aquí se pudo acceder a un público muy amplio.

LM: Sí, y esperamos que se llegue a más. Con la reforma del museo, que no se pudo hacer antes.

QV: ¿Cómo cree que se percibe la ciencia en la sociedad?

LM: Vivimos en sociedades altamente tecnológicas: es un hecho objetivo que no se puede discutir. Desde la revolución científica, la ciencia tomó el lugar que antes tenía la teología. La academia tomó el lugar que antes ocupaba la iglesia, con mucho más parecido de lo que uno cree.

QV: ¿En nuestra sociedad?

LM: Sí, sus templos, sus gurúes. Y así como la teología no era una teología popular, –ahora se me ocurre– hace falta una especie de protestantismo, sin los problemas del protestantismo. La iglesia católica en la Edad Media se reservaba la interpretación de la Biblia. Lo que hizo Lutero fue traducir la Biblia al alemán, traducir algo que era inaccesible para la gente, en algo que todo el mundo pudiera entender, que cada uno interpretara por su cuenta. Algo de eso hay, sólo que en sociedades muy tecnológicas nadie, por su cuenta, puede enviar un cohete a la Luna. Tampoco creo que sea un ideal que todo el mundo se transforme en un científico. En general toda la divulgación está orientada didácticamente. Enseñar esto, tratar de que el público entienda aquello. Creo que la divulgación no debe enseñar nada. Para ello está la escuela, especialmente el secundario. La secundaria enseña, o debería enseñar, todo lo que necesita una persona adulta para desenvolverse en el mundo: la historia, la geografía, la química, la física. Lo que pasa es que nadie presta atención en el secundario. Pero ¿qué es lo que tiene que dar la divulgación? Primero contar, por ejemplo, que se vieron dos planetas fuera del Sistema Solar. Eso tiene su interés, pero no tanto como parece. Lo realmente interesante es saber que hay planetas extrasolares, y entender qué significa eso.

QV: Y al explicar eso, ¿no se está enseñando?

LM: No, porque estoy transmitiendo significados y sensaciones, que es de alguna manera lo que queremos hacer en el museo. No queremos dar información, queremos transmitir sensaciones, que se pueden transmitir a través de la información o no. Es importante que una persona sepa que hay seis mil millones de galaxias en el Universo, pero no que eso quede en un número, porque ese número no significa nada si uno no se da cuenta de que está en una pequeña galaxia, en el medio de esa inmensidad. Si uno percibe esa sensación de inmensidad, lo demás viene solo o no viene. En realidad no importa mucho saber cuántas galaxias hay. Como tampoco importa saber el nombre de los dinosaurios, pero importa saber que duraron mucho, que se extinguieron más o menos de repente, que fueron un hito en la evolución. Hay una cosa cultural. Uno no va a escuchar una sinfonía para aprender algo. Yo quiero que se escuche la ciencia como se escucha una sinfonía de Beethoven o un cuarteto de Mozart. Hay que escuchar esa música, no necesariamente aprender a tocar un instrumento.

QV: *Pero la apreciación del arte se educa, y la explicación de la ciencia sería análogo a eso.*

LM: Análogo a eso, pero no a la escuela. Porque en la escuela a un chico le pueden quitar el gusto por la música para toda la vida, y lo mismo sucede con la literatura, si se da mal. Por eso digo que la educación en ciencia que se da a través de la divulgación tiene que ser similar a la educación en el arte, que no es una práctica del arte, sino un inducir a percibir, inducir a conocer, inducir a abrirse. No se deben dar respuestas sino estimular a formular preguntas. Si uno se desorganiza, puede abrirse al asombro. Después puede ir a consultar un libro de astronomía, de biología. Pero antes tiene que maravillarse por la maquinaria de la célula. Tiene que impresionarse ante la cantidad de cosas que hay en una célula. [muestra una maqueta donde se puede ver el interior de una célula, con sus numerosos componentes]

QV: *Parecería que se pueden transmitir mayores sensaciones cuando se tiene un objeto en presencia, que se pueda tocar y manipular.*

LM: No, ¿por qué? Homero no cuenta la guerra de Troya, cuenta un episodio, que dura una semana. Cuenta un pedacito. Pero después de leer eso, todo el mundo cree que leyó toda la guerra de Troya. ¿Por qué? Porque lo supo contar. La divulgación es literatura, debe ser parte de la literatura. Porque la literatura es el medio de llegada. Somos seres literarios. La ciencia no se hace en los laboratorios, se hace en los cafés, cuando una persona le cuenta a otra lo que está haciendo. El laboratorio es un mito que viene de la revolución científica, porque se necesitaba un espacio aislado del mundo real, y parecería que lo que ocurre allí dentro no tiene nada que ver con lo que sucede afuera. Lo que descubre el científico es algo interno hasta que no se lo cuente a otro. Se lo puede contar a un colega, pero también se lo puede contar a un amigo en el café. Las cosas deben contarse así, como se cuentan a un amigo en el café.

QV: *¿Y cuál es el papel de la metáfora en todo eso, teniendo en cuenta que los científicos suelen rechazarla?*

LM: Los científicos tienen un problema, y es que, cuando hablan, siempre están pendientes de la mirada de sus colegas. No hablan para el lego.

QV: *Lo que pasa es que es difícil.*

LM: No es difícil, porque lo hacen cuando llegan a su casa. Paco [Francisco] de la Cruz, un físico del [Instituto] Balseiro, contó que una vez su madre le había preguntado acerca de la superconductividad, y él le respondió: 'No te lo puedo explicar'. Y ella le dijo: 'Si no lo podés explicar, es porque no lo sabés'. Él se quedó pensando y llegó a la conclusión de que su madre tenía razón.

QV: *No es que no se pueda hacer, es difícil, y la mayoría de los científicos no lo sabe hacer.*

LM: Es un problema de educación, de perder el miedo. Lo estamos viendo en el Café Científico. Los investigadores jóvenes están mejor dispuestos.

QV: *Ahora bien, ¿qué es mejor, que la divulgación la realicen los mismos científicos, o que haya gente especializada que opere como nexo?*

LM: Me parece que la pueden hacer los mismos científicos, o gente que opere como nexo. Hay un trabajo concreto de escritura que requiere una práctica. Hay técnicas narrativas que se aprenden, y de hecho hay un montón de científicos que lo hacen, y bien.

QV: *La actividad de divulgación que se viene realizando en los últimos veinte años en la Argentina, ¿ha cambiado la idea que la gente tiene sobre la ciencia?*

LM: Yo creo que sí. Ha cambiado la percepción de la gente y la del gobierno, sobre todo. Cuando los científicos hablan es un llanto permanente, y este gobierno en particular está dando aumentos, recibiendo y dialogando con los científicos. Claro, también se habla mucho de la educación y eso no significa que la educación cambie.

QV: *¿Cree que la divulgación contribuye al desarrollo de la ciencia?*

LM: Sí, contribuye. La divulgación se hace para gente con educación secundaria. No creo que haya un sistema que alcance otros públicos. Yo hice la prueba de llevar telescopios a las villas, y eso dio un muy buen resultado. De pronto una persona ve Saturno... También llevamos microscopios. Cuando a la gente se le pregunta si la ciencia es importante, dicen que sí. Pero eso no dice mucho. Si se le pregunta si el arte es importante, también van a decir que sí.

QV: *¿Es necesario llegar a todos? ¿O basta con llegar a un grupo privilegiado?*

LM: Cuanto más se llegue mejor es, y hay que elaborar técnicas para llegar a más gente. A mí me encantaría que Futuro fuera leído por más gente, pero tendría que adaptarme. En realidad se pueden hacer un montón de cosas, si uno no tiene prejuicios y hace lo que le gusta, y lo hace con buen humor, y no cree que cada descubrimiento es algo solemne e importante. Si uno mira *Nature* encuentra que se publica cada estupidez que hiela la sangre. Precisamente, el ojo del divulgador tiene que estar puesto en detectar qué es serio y qué no lo es.

QV: *¿Es más importante que el divulgador haga esa distinción y no que decida qué es lo que más le va a interesar a la gente?*

LM: Ambos aspectos son importantes. Un divulgador que está en un diario tiene que distinguir qué es importante de lo que no es importante. Ver los planetas extrasolares es importante, pero también es importante saber que cuando la NASA hace anuncios hay que

tomarlos con pinzas. Porque la política de prensa de la NASA es hacer el anuncio y después corroborarlo. Es una política de captación de fondos a través de la prensa. Una cosa es decir que hay vida en Marte, y otra es decir que la NASA anunció “que hay vida en Marte”.

QV: *¿Todavía existe una visión idealizada o mítica de la ciencia?*

LM: Les doy un ejemplo: parece que en un programa de televisión, de esos de mucha difusión, se representaba a un científico que tenía un laboratorio en el sótano. Respondía al estereotipo del científico medio loco, despeinado, pero que da la solución a cualquier problema. Lo mismo pasaba en “Volver al Futuro”, el científico era el que resolvía todos los problemas. Es un estereotipo muy metido en la sociedad, que es similar al del poeta, que está en otro plano de la realidad. ¿Qué hace la ciencia?, descubre cómo funciona todo por debajo de lo que se ve, hace evidente lo no evidente. Hay que abrir el agujero para ver qué hay debajo, pero invitar a la gente a que mire. Y hay ciertos intereses que llevan a ocultar eso a la gente. No nos olvidemos que el saber da poder. Eso puede estar operando, tratar de retener ese poder. Los científicos, como estamento social, saben que su conocimiento les da poder, y si lo comparten, pueden perder parte de ese poder.

QV: *Normalmente hablamos de cómo la ciencia influye sobre la sociedad, pero en algunos casos sucede al revés, como en el tema de la clonación, en que la sociedad influye sobre el tipo de investigación que se hace.*

LM: Desde ya, pero no sólo la sociedad influye, sino también las corporaciones médicas, militares. La influencia sobre las investigaciones es enorme. El complejo militar norteamericano tiene un gran número de científicos y orienta la investigación. Ni hablemos de los laboratorios medicinales. Lo que sucede con el tema de la clonación, si bien tiene sus dificultades y sus implicaciones éticas, es que hay muchos prejuicios circulantes y genera terrores infundados.

QV: *¿Un objetivo de la divulgación podría ser que la gente tuviera una mirada más racional frente al mundo?*

LM: Una mirada más científica. La ciencia es un modo de vida. Que se comprenda ese modo de vida, que se comprenda esa mirada. Que nadie crea una cosa sólo porque se la dicen.

QV: *Algunos dicen que la ciencia es difícil y no se puede simplificar.*

LM: Es falso. La divulgación no es simplificación. Es simplificación del mismo modo en que cuando uno cuenta una película, no cuenta todos los detalles. Allí está el poder de síntesis. Uno de los problemas más grandes que tienen los científicos con la divulgación es el problema de la precisión. Uno no puede pretender precisión de décimas de milímetro para objetos de uso cotidiano. Si yo le pido a un carpintero una mesa con medidas en micrones, él no la va a poder fabricar. Lo que hace falta contar, se puede contar. Y lo que no se puede contar, no hace falta contárselo a nadie, porque a nadie le interesa. La polifonía

de Bach, explicada en forma técnica es algo muy complejo. Pero no hace falta explicarla para que la gente pueda disfrutar de una cantata.

QV: *¿Y el público en general está interesado, o se interesa sólo una pequeña parte?*

LM: Interesa si se hace bien, si los relatos son buenos. Es lo que sucede con todos los relatos. Por eso es muy importante el cómo, es importante la literatura. El mismo contenido puede ser atractivo o no según cómo se cuente. “Romeo y Julieta” se contó muchas veces, pero una sola vez se contó maravillosamente, lo hizo Shakespeare.

QV: *¿Cree que la gente de ciencia está dispuesta a que sus temas sean comunicados al público?*

LM: Sí, está dispuesta. Porque saben que necesitan apoyo social. Hay tipos como [el paleontólogo Fernando] Novas, que se pasa la vida hablando, pero además de que a él le gusta hacerlo y de que es muy divertido, sabe que la instalación de un tema después facilita las cosas.

QV: *¿Cuál piensa que es el objetivo de la divulgación?*

LM: Hacer conocer a la gente ese componente de la cultura que es tan importante, lo mismo que la divulgación de la música, la pintura, la literatura. Conocer la belleza de la ciencia, la música de la ciencia.

QV: *¿Es sólo una cuestión de placer? ¿No se debe brindar información que permita que la sociedad pueda participar?*

LM: Para participar se necesita una información mucho más profunda. Pero eso es función de la escuela.

 **QuímicaViva**

ISSN 1666-7948

www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista **QuímicaViva**
Número 1, año 4, mayo 2005
quimicaviva@qb.fcen.uba.ar



LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA PRE-UNIVERSITARIA: ¿QUÉ ENSEÑAR, CÓMO, CUÁNTO, PARA QUIÉNES?

Dra. Lydia R. Galagovsky

Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC).
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires
Ciudad Universitaria, Pabellón II, 1428 Buenos Aires, Argentina
E-mail: lyrgala@qo.fcen.uba.ar

El descenso en la matrícula de estudiantes en ciencias experimentales así como la disminución en sus competencias y conocimientos para completar satisfactoriamente la asignatura Química de los ciclos básicos de otras carreras universitarias es un problema mundial. Al mismo tiempo, la Química, como disciplina científica, abre continuamente nuevas etapas de producción de conocimientos, como la química sustentable, la biología molecular o la nanoquímica con enormes potencialidades para la construcción de una "Sociedad del Conocimiento", el nuevo paradigma de progreso social y económico del siglo XXI. En esta nota la doctora Lydia Galagovsky analiza esta paradoja y discute la necesidad de actualizar los contenidos curriculares de química con el fin de acercarla a la experiencia cotidiana de los estudiantes y promover el interés por las carreras científicas.

La enseñanza de la Química se halla en crisis a nivel mundial y esto no parece asociado a la disponibilidad de recursos de infraestructura, económicos o tecnológicos para la enseñanza, ya que en "países ricos" no se logra despertar el interés de los alumnos. Efectivamente, en la última década se registra un continuo descenso en la matrícula de estudiantes en ciencias experimentales en el nivel de escolaridad secundaria, tanto en los países anglosajones como en Latinoamérica, acompañado de una muy preocupante disminución en el número de alumnos que continúan estudios universitarios de química. Asimismo, en todos estos países, independientemente de su estado de desarrollo, se observa una disminución en las capacidades en los estudiantes que comienzan las asignaturas de química, que son básicas para otras carreras universitarias o terciarias tales como Medicina, Bioquímica, Nutrición y Enfermería, entre otras.

Paralelamente, la Química, como disciplina científica, abre continuamente nuevas etapas de producción de conocimientos, como la química sustentable, la biología molecular, la nanoquímica, cuyas enormes potencialidades parecen de ciencia ficción a la luz de los conocimientos actuales.

Esta paradoja implica la imperiosa necesidad de replantearse qué, para qué, para quiénes y cómo enseñar química, a las nuevas generaciones.

La intención de este trabajo es reflexionar sobre algunos puntos que constituyen actualmente un motivo de preocupación tanto en países del primer mundo, como en países conscientes de su necesidad de desarrollo.

LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

A principios de la década de los años 90 el paradigma occidental acerca del "desarrollo de un país" indicaba la necesidad de cada nación de construir y sostener una "Sociedad de la Información". Es decir, la incorporación de las nuevas tecnologías informáticas en todos los ámbitos de la sociedad era el factor crítico para que un país pudiera optar por el crecimiento.

A principios del Siglo XXI, un nuevo paradigma ha entrado en vigencia: actualmente, se considera que el desarrollo de un país requiere la construcción de una "Sociedad del Conocimiento". Esta denominación implica un nuevo concepto, que sostiene que el progreso social y económico de un

país dependerá, cada vez más, de destinar una parte de sus mejores recursos humanos para la generación de nuevos conocimientos.

Los países que han despegado económicamente en las últimas décadas han comprendido este desafío y, como parte del motor de crecimiento constante para el bienestar de sus sociedades, realizan importantes inversiones en el área de Ciencia y Tecnología como una Política de Estado. Por otro lado, cada país desarrollado reconoce, con preocupación, que mantener su Sociedad del Conocimiento en las próximas décadas requiere de la formación permanente de recursos humanos de alto nivel, especialmente en el sector de ciencia y tecnología. **Estos países centrales prevén que educar en ciencia y tecnología a las próximas generaciones se constituye en un objetivo primordial. Por este motivo, intentan fomentar en sus jóvenes el interés por la educación y por el conocimiento en estas áreas. Así, destinan importantes subsidios para promover el interés** (Emsley, 1994, 1998; Gilbert, Stocklmayer y Garnett, 1999; Gilbert y Stocklmayer, 2001) **e investigar cómo llegar a lo que denominan “Excellence in Science Teaching for All” (excelencia en la enseñanza de la ciencia para todos)** (Anrig, 2003).

Enseñar ciencia y tecnología a las nuevas generaciones no es sencillo, y está demostrado que la motivación de los jóvenes por este tipo de educación ha decaído a nivel mundial. Una evidencia generalizada de este fenómeno es el decrecimiento en la matrícula de ingresantes en las carreras de ciencia o tecnología y la mala percepción del público en general sobre la ciencia como actividad humana (Webster, 1996; Royal Society of Chemistry, 2001).

Stocklmayer y Gilbert (2002) comentan que, a pesar de que la mayoría de las decisiones que las sociedades humanas deben tomar están basadas en ideas que se derivan de la ciencia y de sus aplicaciones tecnológicas, es desesperante darse cuenta de que la llamada alfabetización científico-tecnológica (Fourez, 1994) se enfrenta con una serie de desafíos, eventualmente amenazas, en todo el mundo. Los países desarrollados saben que la falta de alfabetización en ciencia y tecnología podrá actuar como un cuello de botella de sus desarrollos en las próximas décadas, por cuanto la población educada en este sentido es la fuente de donde surgirán los recursos humanos altamente calificados de la “Sociedad del Conocimiento”. Sin embargo, estos países centrales podrán cubrir su demanda, cada vez más, con el drenaje que se produce desde los países periféricos. En otras palabras: nuestra gente bien formada tiende a emigrar y no ingresan al sistema educativo en ciencia y tecnología suficientes estudiantes para cubrir las demandas futuras de especialistas de alto nivel en nuestro país.

Argentina se ha caracterizado por generar destacados exponentes de ciencia, reconocidos y galardonados mundialmente. Lamentablemente, en las últimas décadas, también se ha caracterizado por exportar sistemáticamente personas altamente capacitadas en ciencia y tecnología que, ya sea por falta de trabajo, de estímulo o de recursos, han emigrado para emprender proyectos científicos en otros países (La Nación, 2004). Esta situación, insólita para un país que pretende crecer, se ha vuelto catastrófica en la última década por dos motivos fundamentales: por un lado, por la disminución vertiginosa de la matrícula de los ya pocos alumnos interesados en continuar carreras universitarias vinculadas a las ciencias experimentales; y, por otro, por la degradación del nivel de cantidad y calidad en los contenidos científicos y tecnológicos que se *aprenden* en las instancias educativas pre-universitarias.

Durante la década del 90, la Argentina entró, en forma parcial, en la “Sociedad de la Información”, mediante la creación en su propio sistema de subáreas discriminantes en cuanto a su posibilidad de progreso. Esto significa que se formaron bolsones con competencias informáticas, cuyos integrantes tienen la posibilidad de progresar socialmente, mientras que otros sectores han quedado postergados, discriminados en su posibilidad de inserción en el mercado de trabajo. En educación, la instrumentación deficiente de las políticas educativas generó la aceptación de la escuela como lugar casi exclusivo de contención alimentaria de los jóvenes de amplios sectores empobrecidos. Se ha logrado desmerecer la cultura del esfuerzo como valor para el progreso de la sociedad. Aún sin haber resuelto esta situación, la nueva pregunta que nos formulamos es: ¿podremos crear una Sociedad del Conocimiento sustentable en los próximos lustros? Para lograrlo, deberíamos superar varios obstáculos. Por un lado, nuestros jóvenes adhieren a los dictados de la cultura posmoderna. Por otro lado, nuestros docentes están atrapados en el círculo vicioso de tener que enseñar a alumnos totalmente desmotivados extensos currículos de ciencias, llenos de contenidos complejos, que son, en su mayoría, absolutamente nuevos para la formación de la gran mayoría de los docentes.

CAMBIOS SOCIALES Y NUEVAS FUNCIONES DE LA ESCUELA

En las últimas décadas se han producido enormes cambios políticos, tecnológicos y económicos que han impactado fuertemente en el entramado social. De ellos, el impacto producido por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación ha sido sin duda global e irreversible y ha cambiado el curso de la vida social y económica, en más de un sentido.

En el pasado, la escuela fue la institución formadora por excelencia, viniendo desde ella el saber legitimado. Fue, si no la única, al menos la fuente privilegiada de obtención de conocimientos. Actualmente, los medios masivos de comunicación y las nuevas tecnologías de la información (Internet) y la comunicación han invadido y hasta desplazado funciones sociales y culturales antes desplegadas casi exclusivamente por la escuela y la familia. Así, la escuela, como institución fundante de las sociedades modernas está recibiendo un fuerte impacto que socava los fundamentos de su existencia.

Paralelamente a esta etapa en la que grandes sectores de individuos jóvenes están permeados y expuestos a las nuevas tecnologías, existen demandas de parte de las fuerzas vivas de la sociedad que reclaman una escolarización extendida, que incluya a sectores que antes eran radicalmente expulsados de las instituciones de formación, y que actualmente quedarían también postergados, aún como simples usuarios de las nuevas tecnologías. La escuela, además de transmitir cultura y valores, debería impedir que estos sectores empobrecidos quedaran excluidos socialmente por falta de educación.

Tanto el número de años de escolarización como la cantidad de conocimientos mínimos indispensables para el buen desempeño del ciudadano como miembro activo de la sociedad han crecido como una consecuencia natural de la explosión de conocimientos.

Creemos que la escuela debería poder:

- ? Promover en los estudiantes capacidades que les permitieran adaptarse a los nuevos y cambiantes desafíos que presenta la sociedad.
- ? Despertar en ellos capacidades de generar cambios en la sociedad, enmarcados en valores positivos y superadores.
- ? Promocionar una formación sólida e integral de los ciudadanos para ampliar la conciencia crítica.
- ? Proveer a los alumnos de estrategias procedimentales y marcos teóricos que den sentido a los infinitos datos e informaciones que circulan en la sociedad y que, sin herramientas conceptuales y críticas con las cuales analizarlos, podrán conducirlos a tomar decisiones por sometimiento a propagandas, intereses disfrazados, y/o cualquier otro tipo de manipulaciones.

La educación en ciencias debería contribuir a cumplir estas nuevas obligaciones de la escuela. Y este punto trae aparejada una gran responsabilidad para nosotros, los docentes de ciencias. Es tiempo de aceptar que la forma específicamente humana de construir conocimientos se sustenta en la acción motivadora de encontrar relaciones entre la información y las prácticas sociales que les dan sentido. Gran parte de los problemas de aprendizaje de nuestros estudiantes consiste en buscar infructuosamente cuál es el sentido de nuestras acciones de enseñanza... Y esta situación es crítica en las aulas de enseñanza pre-universitaria de Química.

LA PRESENCIA DE QUÍMICA EN LOS ESPACIOS CURRICULARES

Es la sociedad, con sus juicios de valor sobre qué es importante estudiar y qué no, quien decide la importancia de las asignaturas y contenidos relevantes para la educación y, sobre la base de esto, se diseñan espacios curriculares y programas de contenidos, mediados por el trabajo de especialistas o técnicos (Terigi, 1999; Alvarez Méndez, 2000).

En países como Inglaterra, EEUU y Alemania, parte de la comunidad de los químicos científicos se está preocupando por la opinión pública sobre la Química (Gilbert et al., 2002). Podemos visualizar cuán importante es la percepción pública de esta disciplina si aceptamos que es a partir de esta

percepción que, tarde o temprano, se desencadenarán las líneas a seguir en cuestiones de diseño educativo. Si bien los profesores tratamos de seducir a los alumnos con el discurso de que “todo es Química”, o que “Química hay en todas partes”, la realidad, a nivel internacional, indica que el público en general tiene una mala percepción de la Química como disciplina científica, y se la relaciona fundamentalmente con los aspectos negativos de la contaminación ambiental y la toxicidad provocada por “químicos” –desde sus sentidos como sustancia química y como agente (Webster, 1996). Stocklmayer y Gilbert (2002) comprobaron esta percepción en una encuesta realizada en Inglaterra, en el año 2000, que reveló que:

- ? La gran mayoría de la gente encuestada manifestó que la química es "aburrida", y que su percepción la tenía a partir de su escolaridad secundaria.
- ? La mayoría de los maestros consultados veía a la química como una asignatura difícil y aburrida, elegida por gente inteligente, pero poco creativa.
- ? Entre los profesores de la secundaria, las mujeres tendían a ser más negativas respecto de su opinión sobre la química.

En la Argentina, la Química como disciplina escolar está poco menos que desapareciendo en aquellas jurisdicciones donde se ha desarrollado la reforma educativa. Esta desaparición no estaba prevista en la reforma; sin embargo, la complejidad de los efectos que resultaron de su implementación condujo a este resultado “real”. Una de las explicaciones sobre este proceso se basa, justamente, en la mala percepción pública de la Química.

La enseñanza por áreas en el tercer ciclo de la Escuela General Básica (EGB3) de Argentina, ha incluido contenidos de Química desde las declaraciones expresadas en los Contenidos Básicos Comunes para el área de Ciencias Naturales; sin embargo, numerosos motivos sobre los que no vamos a explayarnos en este trabajo han ocasionado la omisión en las aulas de los contenidos de esta ciencia. Esta deficiencia generalmente no puede ser superada en el nivel Polimodal, por dos razones fundamentales:

- a) Existen proporcionalmente muy pocos Polimodales en Ciencias Naturales; y los otros pueden no tener esta disciplina entre sus asignaturas.
- b) Los estudiantes llegan con muy pocos conocimientos y estrategias de estudio, en general, y poca es la eficiencia en los aprendizajes que se logran en estos últimos años de educación preuniversitaria.

La enseñanza de la Química en los Profesorados también se ha desdibujado bajo la necesidad de formar a los estudiantes del profesorado por áreas para que a su vez, los egresados puedan enseñar en el área de Ciencias Naturales en EGB 3; y por el diseño de los espacios curriculares de los primeros años del profesorado, en los cuales hay gran cantidad de horas dedicadas a generalidades pedagógicas.

Ahora bien, más allá del registro cuantitativo de pérdida de horas y de contenidos de Química en el sistema educativo no universitario y de las alternativas para mejorar los actuales diseños curriculares (ver Documentos Curriculares para la DES, 2004) cabe preguntarse ¿qué Química enseñamos y qué Química deberíamos enseñar?

¿QUÉ QUÍMICA ENSEÑAMOS?

Es muy interesante notar que el listado de contenidos a ser enseñados en la asignatura escolar Química es prácticamente el mismo, casi independientemente del ciclo educativo en el que nos fijemos; con algunos subtítulos menos, se trata de los temas mencionados en la primera materia de la Universidad (Química General). Evidentemente, este hecho singular está muy relacionado con la formación académica de quienes confeccionaron tales listados para los Documentos Curriculares en vigencia.

¿Podemos confiar que un buen procedimiento para la selección de contenidos escolares es eliminar subtítulos de los grandes temas que se estudian en la Universidad? Evidentemente este procedimiento encierra una cuestión que parece lógica. Sin embargo, para el caso particular de la Química puede ser muy perjudicial, en términos de lo que resulta importante

que los alumnos aprendan, en tanto ellos serán futuros ciudadanos y apenas una ínfima proporción de ellos serán futuros científicos.

¿CÓMO SE GENERÓ EL CURRÍCULO ACTUAL DE QUÍMICA?

La Química fue introducida como una materia regular de la escuela secundaria en Holanda en 1863, sorprendentemente temprano si consideramos el desarrollo de la Química en esos momentos (Wobbe de Vos, 2002). Para nombrar unos pocos ejemplos, en 1863 la Tabla Periódica de elementos de Mendeleiev era todavía desconocida, no había teoría sobre el equilibrio químico, nada se sabía sobre la estructura del átomo y, consecuentemente, las uniones químicas eran un gran misterio. Kekulé publicó su fórmula estructural del benceno en 1865 y el trabajo de Van't Hoff sobre la forma tridimensional de las moléculas orgánicas no apareció hasta 1874. De hecho, en 1863 los químicos sólo habían podido acordar –tras el encuentro en Karlsruhe en 1860– sobre la fórmula del agua como H_2O y no OH . La pregunta que surge es: ¿por qué enseñar química en la escuela secundaria en los Países Bajos en 1863?

La razón principal fue que a mediados del siglo XIX habían comenzado a surgir industrias químicas tanto en Europa como en Norteamérica. Algunos productos químicos, incluidos el ácido sulfúrico, el hidróxido de sodio, cloro, varios pigmentos basados en la anilina y otros compuestos, aparecieron en el mercado mundial o comenzaron a ser producidos en escala masiva, y de esta forma se abarataron sus costos. Los Países Bajos no eran parte de los países pioneros en la industria química, pero tenían una amplia tradición en comercio internacional y el gobierno determinó que una “experticia” era necesaria para analizar tales productos industriales, para ser capaces de comprarlos y venderlos adecuadamente. Se esperaba, entonces, que los estudiantes de la escuela secundaria –jóvenes pertenecientes a una elite- adquirieran las competencias básicas en química analítica, para que algunos de ellos, con relativamente poco entrenamiento, pudieran trabajar en laboratorios químicos.

La realidad, sin embargo, devino diferente. La enseñanza de esta nueva asignatura fue puesta en manos de químicos, que tenían un diploma universitario. Estos profesores estaban muy atentos a la naturaleza científica de esta asignatura, y desde el comienzo la enseñaron tal como la habían aprendido en la universidad. Ellos argüían que sus estudiantes no podían aprender sólo habilidades sin ser bien introducidos en el contexto científico. Como resultado, la escuela ofrecía una versión simplificada de lo que se enseñaba en la universidad, mediante textos universitarios adaptados.

El aprendizaje se centraba en:

- ? Química descriptiva: algunos hechos, más o menos sistemáticamente ordenados, consistentes en los compuestos y reacciones ya conocidas.
- ? La mayoría de las pocas teorías que eran aceptadas por los químicos, usando también símbolos, fórmulas y tablas de pesos atómicos.
- ? Algunas de las técnicas de laboratorio usadas por los químicos.

En 1860 no era inapropiada la intención de introducir en la escuela conocimiento profesional de la época. Hacia fines del siglo XIX se desarrollaron las teorías físico-químicas, tales como electroquímica, equilibrio, cinética y química termodinámica, seguidas en el siglo XX por las teorías atómicas, las teorías sobre las uniones químicas y la cuántica. También se descubrieron, sintetizaron, desarrollaron o estudiaron nuevos compuestos y tipos de materiales (entre ellos, polímeros naturales y sintéticos); hicieron irrupción nuevas técnicas experimentales, tales como la difracción de rayos X y distintas espectroscopias. Se desarrolló fuertemente la bioquímica, lo que abrió nuevos campos de conocimiento en ciencia y tecnología. Debido a que la idea de que la química en la escuela debía ser un panorama de lo que es la química como disciplina científica, se pensó que todo debía agregarse (Wobbe de Vos, 2002). Así, poco a poco, el currículo de la asignatura Química se fue engrosando con la inclusión temas nuevos.

El crecimiento exponencial de la Química durante los siglos XIX y XX se caracterizó por una fuerte correlación entre los avances científicos y tecnológicos y las demandas de la sociedad, a cuyos cambios contribuyó notablemente (Garritz, 1999). Este período se caracterizó por tres importantes desarrollos:

- 1- Una explosión en la cantidad de conocimientos teóricos de química.

- 2- La química y tecnologías químicas aportaron soluciones a diferentes problemas en el ámbito humano, social y económico. Sin embargo, hacia fines del siglo XX se tomó conciencia de que muchas de esas soluciones tenían, a su vez, efectos indeseables a nivel ambiental.
- 3- La sociedad occidental tomó conciencia sobre la necesidad de educación para todos; así, la química que en 1863 se introdujo para la formación de una pequeña elite, ahora es una disciplina integrante de una educación general y básica.

En el siglo XIX un avance científico podía ser aplicado tecnológicamente luego de 100 años, para mediados del siglo XX la transferencia de los conocimientos referidos al rayo láser se produjo en sólo un año (Ander Egg, 1985). Actualmente, los descubrimientos científicos requieren de tecnologías muy especializadas, desde el microscopio de efecto túnel a los *microarrays* de biología molecular, la competencia por la investigación de punta es muy dependiente de los descubrimientos tecnológicos y, a su vez, las grandes empresas hacen sus propias investigaciones, derivando al mercado tecnológico sus mejores descubrimientos.

Así, dada la vertiginosa aparición de nuevos temas que eventualmente se pueden o deben enseñar, la educación en ciencia y tecnología se ha vuelto hartamente problemática. La tensión entre lo que existe como conocimiento científico y tecnológico fuera de las instituciones escolares es de tal magnitud, que es incomparable respecto de aquella tensión de fines de siglo XIX en Holanda.

Según Wobbe de Vos y colaboradores (2002), el currículo actual de Química en Holanda -- pensado desde un listado de contenidos, así como desde las metodologías con que se lo enseña-- no brinda a los estudiantes una idea adecuada de qué es lo que está pasando en los modernos laboratorios de investigación científica y tecnológica en química, y no los atrae a continuar estudiando esta disciplina científica --más bien los induce a todo lo contrario. **El triunfo de la disciplina científica Química se convirtió en la tragedia de la materia escolar Química... ¿Por qué?**

Los autores holandeses han investigado el desarrollo del currículo y proponen un análisis para entender sus deficiencias. Según ellos, los nuevos tópicos se agregaron como capítulos o como información adicional al final de cada capítulo a medida que los viejos temas eran presionados por los nuevos. Señalan que el currículo moderno de química presenta un perfil de tipo sedimentario; es decir, sucesivas capas de conocimiento se han depositado una sobre otra. Estas capas no siempre están bien conectadas y algunas veces son inconsistentes entre ellas.

En diferentes libros se presentan contextos que se han dado uno tras otro durante años, desde Lavoisier, las teorías iónicas, la teoría del equilibrio químico, las teorías de Brønsted-Lowry, los contextos de nuestra vida cotidiana y los contextos bioquímicos. Los autores holandeses dan un ejemplo de este perfil sedimentario para el tema ácidos y bases y muestran cómo esta información incoherente sobre "la" teoría ácido-base contiene inconsistencias entre sus capas, que conducirían a que el tema sea difícil de enseñar y de entender (ver Nota al final del artículo).

Wobbe de Vos y colaboradores, encuentran el caso concreto de estas capas sedimentarias en el capítulo de ácidos y bases del libro de texto de la escuela secundaria en Holanda denominado *Chemie* (1998). Señalan que, por ejemplo, el capítulo comienza con un contexto de la vida cotidiana: probar el gusto de los ácidos. En las dos oraciones siguientes, el "ácido" es una solución (vinagre), o una sustancia (ácido acético), una solución de una sustancia (una cierta solución de ácido acético en agua). El texto continúa explicando la escala de pH y se deriva en las nuevas secciones que describen "ácido" como una partícula de la cual se puede separar un protón. *"Estos ejemplos muestran el nivel más bien problemático de la coherencia del capítulo. Su estructura no es el resultado de una estrategia pedagógica. Por el contrario, es el producto de un proceso histórico, una acumulación de decisiones separadas sucesivas"*, dicen los autores.

Esta misma situación se da en otros puntos del currículo y algunos investigadores han evidenciado las confusiones de los alumnos sobre temas centrales y tradicionales de Química (Schmidt, 1991, 1998).

Otro punto señalado por los autores holandeses se refiere a que la incorporación de las últimas capas sedimentarias de información se ha efectuado a expensas de haber dejado afuera el razonamiento científico que originó tales conocimientos. Esto conduce a una visión ahistórica de la Química y remite a una imagen de ciencia cerrada, con verdades reveladas o descubiertas por “genios de la ciencia”. Los autores señalan que, por lo que ellos conocen, al menos estas situaciones son similares en Inglaterra, EE.UU y Australia.

El simple ejercicio de revisar los libros de texto usados en la Argentina nos muestra una situación muy similar en nuestro país.

Níaz y Rodríguez (2002) encontraron, a su vez, que desde 1980 se releva que los textos escolares comienzan a “ahorrar esfuerzo” y *dejan de lado las evidencias, el razonamiento y las discusiones en el seno de las cuales aparecieron las teorías científicas de alto nivel*. En otras palabras, la mayoría de los textos y la enseñanza de Química en la escuela presentan a esta ciencia como una serie de verdades cerradas y acabadas, separadas del debate y de las argumentaciones teóricas y experimentales que le dieron origen. Como consecuencia, los estudiantes se sienten alejados de la Química, ya que ésta no está relacionada con sus entornos cotidianos, y les resulta irrelevante para sus vidas como ciudadanos.

“Saber lo que otros han hecho, cómo lo han hecho, cuánto les ha costado y cuánto han obtenido en término de satisfacciones intelectuales y emocionales, puede constituir una excelente estrategia para motivar a los alumnos”, ha expresado Campanario (1999).

Níaz (2004) ha resaltado: *“La gran mayoría de los actuales científicos y docentes, han sido formados con una tradición epistemológica empirista y una visión a-histórica de la química, y esto es en parte debido a que pocos son los libros de texto, aún los de niveles universitarios, que muestran algunas de las controversias que durante años pugnarón por sostener paradigmas científicos en conflicto* (Brito, Rodríguez y Níaz, 2005). (...) *“Sin el marco histórico y epistemológico, se presentan a los estudiantes los modelos científicos, leyes y teorías de Química como saberes acabados, definitivos, en los cuales deben creer con fe ciega.”*

¿SE PUEDE CAMBIAR EL CURRÍCULO DE QUÍMICA?

“Se enseña la misma Química para todos los ciudadanos, aunque es evidente que una mínima parte de estos ciudadanos se convertirán en profesionales o investigadores químicos. El currículo, enfrenta a todos los alumnos con abstracciones teóricas, alejadas de sus entornos cotidianos e irrelevantes para sus vidas como ciudadanos. La tradición de enseñar química desde un punto de vista científico, en lugar de haber enfrentado las cada vez mayores dificultades que aparecen, se ha vuelto auto-referente (self-evident). Así como se presentan los contenidos de Química, son inaccesibles, incomprensibles hasta llegar al punto de ser esta asignatura percibida como de relevancia nula para la vida de los alumnos.” (Wobbe de Vos, 2002)

También en la Argentina, el currículo de Química para la escuela secundaria o para el Polimodal se organiza, tradicionalmente, con fines propedéuticos; es decir, se intenta enseñar contenidos para que los alumnos aprueben o tengan un buen desempeño en la primera asignatura Química de la Universidad. Quizás lo más grave es que este currículo, al ser auto-referente, es generalmente aceptado como la única posible introducción al conocimiento químico.

Recordemos ahora cómo se arma un currículo. En general, dice Osborne (2000) es un proceso de pasos, donde los técnicos convocados llegan a consensos, borrando algunos tópicos y poniendo otros. Este proceso parece conducir a la preservación de la “tradición”, nunca hubo un intento de enfrentar los cada vez más numerosos problemas subyacentes, de un modo más fundamental. *“Re-hacer el currículo de química se ha vuelto un serio problema y una tarea donde difícilmente se pueda escapar de la tradición de cómo hacerlo, que también ha sido auto-referente en los últimos tiempos.”*

En nuestro medio ha ocurrido un proceso semejante. Parece paradójico, pero la tradición de consultar a los expertos científicos sobre qué temas enseñar en los niveles pre-universitarios, parece conducir en la Argentina y a nivel mundial, a esta situación crítica en la cual la disciplina escolar Química es “la más odiada”.

ANTES DE CUALQUIER CAMBIO...

Antes de cualquier cambio deberíamos clarificar qué objetivos tenemos al enseñar Química, teniendo en cuenta que:

? El objetivo preponderante de los profesores debería ser educar a los jóvenes para una sociedad democrática, como profesionales competentes que puedan adaptarse a los cambios en las demandas de trabajo de la economía post-industrial, para que asuman y exijan compromiso y participación crítica. El sistema educativo debe asumir una biodiversidad de objetivos para educar a la población en general; y no centrarse en un sólo objetivo que beneficie a algunos pocos.

? ¿Será adecuada la estrategia de seguir agregando capas al diseño sedimentario tradicional del currículo de Química? La desaparición de las certezas de la modernidad incluye, por ejemplo, la pérdida de valor en la certeza *“vale la pena el esfuerzo en el estudio para llegar a ser alguien en la vida”*. Un currículo de Química totalmente alejado del interés y de las posibilidades cognitivas de los estudiantes, que les demande gran esfuerzo de estudio de utilidad nula, generará en ellos un rechazo sistemático por la asignatura; incluso, un rechazo *a priori* de intentar aprenderla. Esto contribuirá a la mala percepción pública de la Química.

? Tomar conciencia sobre la inmensidad de conocimientos ya existentes en Química y la potencialidad de su magnificación en los próximos años es la única certeza que podemos asumir (esto es simultáneo con el desarrollo de otras ciencias que también se reflejan en la escuela). Desde esta perspectiva cabe aceptar que **el agregado de más temas en los listados de contenidos a enseñar no es, ni será, el camino más apropiado para modificar el currículo.**

ALGUNAS SUGERENCIAS SOBRE CÓMO CAMBIAR EL CURRÍCULO DE QUÍMICA

Wobbe de Vos y colaboradores (2002) proponen dos ideas sobre cómo pensar el cambio en el currículo: tener en cuenta (a) el rol de los estudiantes, y (b) las caras de la química.

a- El papel de los estudiantes:

“El currículum de la escuela secundaria no debería considerarse el primer paso de entrenamiento para la investigación científica. Parece legítimo, sin embargo, tratar de darles una idea de lo que significa llegar a ser y ser un investigador científico.”

No solamente se espera que la educación general entrene a los estudiantes para su vocación específica, sino que los prepare para varios aspectos de su vida adulta, como el de ser ciudadanos responsables frente a decisiones en biotecnología, ambientales, socio-científicas, etc.

Es importante que los estudiantes que no continuarán carreras del área de ciencias químicas, se lleven de la escolaridad pre-universitaria una idea más cercana a la Química como una fascinante empresa humana sobre el conocimiento del comportamiento de las sustancias, que una imagen de incoherentes símbolos ininteligibles y una enumeración de procedimientos rutinarios y sin sentido.

b- Las caras de la química:

✓ *“Cara tecnológica: la tecnología química no debe ser sólo entendida como una ciencia aplicada (Gardner, 1993). La tecnología diseña procesos teniendo en cuenta aspectos del producto como la calidad, el costo, el tiempo, problemas de escala, distribución, almacenaje y manejo de desperdicios y subproductos. La tecnología química es, desde el punto de vista de los estudiantes, mucho más abordable desde sus vidas cotidianas. No sólo parece razonable incluir tecnología química en las currícula, sino también comenzar por allí, porque sus motivos dan relevancia a las actividades químicas.”*

✓ *“Cara de la artesanía química: El conocimiento artesanal nunca se hace de términos teóricos explícitos. No se enseña con lecciones de tiza y pizarrón sino en secciones de trabajo entre maestros-expertos y novicios. La artesanía juega un rol muy importante en la sociedad y los estudiantes deberían darse cuenta de esto.”*

✓ *“Cara mágica de la química: La química es magia para, al menos, el 90 % de la población mundial. La alquimia es el origen mágico de la química. Enseñar química como magia, significa enseñar preguntas sin la inmediata presentación de las respuestas correctas. Enseñar con magia significa dejar a los estudiantes que pregunten y se maravillen bastante tiempo, antes de ofrecerles la explicación racional que, supuestamente, ellos deberían entender y aprender. En la enseñanza tradicional, frecuentemente ofrecemos respuestas mucho antes de que los estudiantes tengan la oportunidad de hacerse la pregunta. Maravillarse auténticamente inspira a los estudiantes para investigar, para diseñar experimentos y para esmerarse en encontrar sus propias respuestas. Esta es una precondition esencial para desarrollar la actitud crítica de un investigador. La intención de la educación no debería ser enseñar hechos o teorías químicas específicas, sino desarrollar tal actitud en los estudiantes.”*

Evidentemente, cualquier cambio requiere clarificar objetivos generales de la enseñanza de la Química y que sus significaciones sean consensuadas por quienes tomarán las decisiones curriculares. No es lo mismo educar para *motivar* a los estudiantes que para *aprobar el ingreso en la Universidad*. No es lo mismo educar para la *construcción de conocimientos en equipos de trabajo*, que para que los estudiantes se *saquen un seis en la prueba y no se lleven a diciembre la asignatura*; etc. Cada nivel educativo, cada región, institución o, incluso, cada curso, puede necesitar objetivos diferentes... ¿Es lícito imponer el objetivo de enseñar química para aprobar el ingreso a la Universidad a todos los estudiantes de todos los cursos de todas las escuelas del país?

En función de los objetivos generales se deberán seleccionar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales y delinear actividades coherentes con ellos. Es decir, lograr una articulación entre el discurso de documentos curriculares con las prácticas reales que se desarrollen en las aulas.

Quizás, hasta fuera necesario el cambio de nombres en estas “nuevas” asignaturas del área de Química, para ayudar a superar la tan fuertemente arraigada *tradicición* que impone que un listado de contenidos para la química escolar debe estar asociado unívocamente al listado de contenidos obtenidos de los índices de los libros universitarios. Esta diversidad académica que, con calidad, tiene como objetivo atender a la diversidad de intereses y capacidades de la población de estudiantes, debería complementarse con una opción, dentro de la escuela, que permitiera a los alumnos que así lo quisieran, profundizar contenidos específicos de Química para aprobar un ingreso a la Universidad.

Es imprescindible conformar campos interdisciplinarios donde se explicita la presencia de los conceptos de Química, sus tecnologías e implicancias sociales, económicas y políticas. Es decir, es importante el reconocimiento de la Química no sólo en las asignaturas de las ciencias naturales, sino también en otras. Obviamente, esto implica comunicación entre docentes y producción de materiales específicos a partir del involucramiento de los expertos en química que realicen producciones específicas para aportar a las otras disciplinas. Como simples ejemplos podemos pensar en (a) la supremacía de unos pueblos primitivos sobre otros en base a las tecnologías metalúrgicas –y por lo tanto las herramientas y armas– que poseían; (b) los millonarios recursos económicos que mueve la industria farmacéutica actual a nivel mundial y las posibilidades que brinda su enseñanza, involucrando por ejemplo, sus implicancias en economía; las discusiones sobre el origen de medicamentos a partir de la cultura de los pueblos nativos de cada región; las reflexiones sobre biodiversidad (para obtención de moléculas bioactivas) versus explotación de tierras; sobre procesos industriales contaminantes y su localización; las luchas por las legislaciones sobre propiedad intelectual de patentes farmacéuticas con sus implicancias en áreas legales, de salud, de bienestar social, etc., en los diferentes países. (c) También los desarrollos que cambiaron a la sociedad, como la fabricación de la soda solvay, del jabón, de los colorantes sintéticos, de los antibióticos, de la píldora anticonceptiva, de los pesticidas, etc., etc.

Estas informaciones pueden trabajarse desde narraciones, tanto en clases de lengua como de historia o geografía, o economía, biología, o incluso desde problemas matemáticos. Se trata de organizar un currículo multirreferenciado (Astolfi, 1998).

Es también importante diferenciar entre la Química que necesita un ciudadano para participar en la toma de decisiones sobre problemáticas que afecten su quehacer cotidiano y aquella Química apropiada para el artista, el especialista de comidas, la enfermera, el experto, etc. [Un acercamiento interesante a esta propuesta se ha plasmado en el desarrollo del plan de estudios de Escocia donde la química se enseña en el nivel macroscópico y los estudiantes tienen la opción de acceder al simbólico y o al molecular según su interés (Wobbe de Vos, 2002)].

Esto significa una adaptación para los niveles educativos técnicos, pero, sobre todo, en la escuela en general lograr un acercamiento a la Química desde el manejo de materiales macroscópicos (como soluciones, mezclas, materiales diversos), el estudio de sus propiedades y la modelización de procesos y propiedades. Se sugiere, entonces, implementar un enfoque inverso al actual, que comienza y prácticamente se circunscribe a definir los fundamentos fisicoquímicos de la materia, a las descripciones simbólicas en diferentes lenguajes crípticos del nivel submicroscópico de la materia -- sus aspectos invisibles-- y que, generalmente, nunca llega a tiempo de trabajar con los materiales macroscópicos reales del entorno cotidiano, y poner en evidencia sus propiedades mensurables.

Finalmente, cabe relatar que para tener en cuenta algunas de estas complejidades planteadas más arriba, en algunos países se ha intentado incorporar al currículo algunos tópicos, genéricamente llamados como visiones de Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y CTS-Ambiente (CTSA). Sin embargo, muchas veces, al ser estas propuestas abordadas en el aula con la lógica tradicional de la química escolar, se pone el acento nuevamente en cuestiones académicas, dejando de lado la relación de estos conocimientos con la transferencia tecnológica y su impacto social en la vida diaria, tornándolas nuevamente en algo abstracto, alejado, ajeno a la comprensión y el interés de los alumnos. O bien, se abordan desde una pretendida complejidad (que incorpora discusiones y pugnas de intereses creados por diferentes sectores de la sociedad) que, finalmente, encierran un tratamiento superficial de los temas de ciencia.

CONSIDERACIONES FINALES

Los procesos de reforma de los sistemas educativos y del currículo en la enseñanza han modificado los objetivos del área de ciencias y de la química, en particular. La decisión de incluir ciencia en la educación obligatoria y de pretender una enseñanza de ciencia para la ciudadanía (alfabetización científico-tecnológica) han disminuido la importancia de los contenidos disciplinares y han situado en un campo más prioritario la comprensión pública de la ciencia, los procedimientos y las actitudes hacia las ciencias (Caamaño, 2001).

Las discusiones respecto de la selección de contenidos de Química a enseñar en los diferentes niveles de escolaridad es una problemática abierta a nivel internacional. Por un lado, aquellas visiones más cercanas a la enseñanza de la Química con un objetivo de "entendimiento público", o de mostrar a la Química como un "conocimiento construido socialmente", recomiendan fuertemente un recorte en la cantidad de contenidos a enseñar en función de una profundización en los aspectos del origen y aplicación de los conocimientos químicos y en la experimentación --aún sólo demostrativa--, para aumentar la motivación de los alumnos. Por otro lado, las visiones centradas en la necesidad propedéutica de enseñar Química para aprobar esta asignatura en el ingreso o en el primer año del nivel Superior, recomiendan continuar con los programas analíticos de contenidos ya establecidos como "tradicionales". La primera tendencia no está aún reflejada masivamente en textos; y tampoco se ha resuelto cómo llevarla a cabo apropiadamente. Algunos de estos textos (Buell et al., 1994; Schwartz et al., 1994) agregan tópicos --generalmente ambientales-- a la profundidad tradicional con la que se enseña Química; sin embargo, el agregado de más información para motivación de los estudiantes puede llegar a complicar más la enseñanza conceptual tradicional.

La baja en la matrícula de alumnos que continúan la carrera universitaria de Química y la mengua en conocimientos y competencias del área de química con que llegan los alumnos al nivel Universitario y Superior para cursar las asignaturas de Química básica son un problema mundial, como ha quedado reflejado en numerosas ponencias de la *18th International Conference on Chemical Education* (3-8 de Agosto de 2004, Estambul, Turquía). La tendencia que comienza a evidenciarse es la necesidad de los sistemas educativos de Nivel Universitario a adaptarse a esta situación, teniendo que implementar cursos de verano --o cursos pre-universitarios-- para homogeneizar las competencias básicas de conocimientos en los estudiantes que llegan a este nivel.

Esperar que los niveles educativos previos al Nivel Universitario organicen su diseño curricular tanto para acentuar la motivación y la atracción de los estudiantes --futuros ciudadanos con poder de decisión-- hacia la ciencia y, en especial hacia la Química, y pretender, al mismo tiempo, satisfacer las demandas propedéuticas de una mínima proporción de estudiantes que seguirá carreras de base científica, es algo que merece reflexión y consideración desde quienes tienen decisión sobre políticas curriculares y educativas.

La Química, como ninguna otra disciplina científica, comprende conceptos que son completamente abstractos, que sirven para interpretar las propiedades macroscópicas de los sistemas materiales y sus cambios. Polvos amarillos pueden ser elementos, sustancias puras o mezclas; líquidos o gases incoloros pueden ser diferentes sustancias o diferentes mezclas... ¿Qué posibilidades cognitivas, desde sus experiencias previas de aprendizaje perceptual, tienen los estudiantes para comprender conceptos químicos abstractos, si ni siquiera conocen esas propiedades macroscópicas? De esto se desprende claramente que, particularmente en EGB 3, es fundamental que los estudiantes puedan ir tomando conciencia sobre qué tipos de materiales existen, cuáles son sus propiedades, cómo pueden hacerse evidentes dichas propiedades, cómo pueden ser medidas y para qué sirven (aplicaciones tecnológicas diferenciales); y, finalmente, cómo pueden cambiar y por qué, al transformarse unas sustancias en otras. Sólo así la sistematización en la interpretación simbólica, que tiene carácter de "modelo" --con sus implicancias de interpretación y de predicción de experiencias--, tendría algún sentido explicativo. Tal como está concebido y ejecutado, el currículo de Química actual no responde, prácticamente, a ninguna pregunta que los alumnos se formulen sobre su entorno real. Supuestamente, se contestan en las clases preguntas que "se hace la ciencia", pero esa ciencia no es ni la actual, ni la que pueda identificarse con fenómenos cotidianos.

El punto de modificar el currículo tradicional de Química es crítico. Parece que las decisiones que toman los científicos de las diferentes subáreas de Química, cuando son consultados para definirlo, suelen estar sesgadas por su pasión de investigadores; y proponen incorporar al currículo lo que es atractivo para ellos; sin embargo, esos temas no resultan necesariamente apasionantes para los estudiantes. Muy por el contrario, puede generarles enormes dificultades de comprensión y falta de motivación hacia esta asignatura (Johnstone, 1991, 1997).

Poder cambiar el currículo de Química implicará liberarse de prejuicios que se han constituido en verdaderos juicios categóricos a través de la consolidación de sus premisas en el tiempo y en diferentes lugares. Sabemos que cambiar el listado de contenidos de Química y el procedimiento de elegirlos, será uno de los puntos más álgidos de cualquier reforma educativa en ciencias; ya que ambas cuestiones se han vuelto autorreferentes.

Cualquier cambio innovador requiere un grupo de expertos que lo genere (por escrito), que se ponga a prueba en las aulas (en pruebas piloto) y se reformule, y que se capacite a los docentes antes de lanzarlo a una implementación más generalizada en las aulas. Cualquier otra forma de instrumentación de un currículo no tradicional podrá ser, seguramente, ferozmente resistida, o mal interpretada. Es decir, hacer sugerencias sobre "lo que no hay que dar en Química pre-universitaria" puede ser un arma de doble filo, si estas declaraciones no van de la mano de propuestas de alternativas bien entendidas.

Lo dicho hasta aquí se ha basado, fundamentalmente, en preguntarnos qué Química enseñar, por qué y para quiénes. No hemos tratado aquí el "cómo" enseñar contenidos. La Didáctica de la Química es una disciplina que está comenzando su desarrollo a nivel mundial. Hasta el presente son más las reflexiones sobre las dificultades en el aprendizaje de temas particulares que las propuestas sobre cómo superarlas. Según Bucat (2004), es necesario abrir nuevas líneas de investigación en el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) (Pedagogical Content Knowledge, PCK), que se centren en las dificultades propias del aprendizaje de cada contenido disciplinar y en las formas alternativas de enseñanza, posibles de aplicar a diferentes grupos de alumnos. Coincidimos con esta propuesta; y, aunque no nos explayaremos en esta ocasión, numerosas son las producciones que ya hemos logrado en estos años de investigación en el CEFIEC para identificar dificultades de aprendizaje de ciertos temas de Química para, luego, iluminar diferentes alternativas para su mejor enseñanza (Cortón et al., 1999, 2000, 2002; Ciliberti y Galagovsky, 1999; Galagovsky, 1993, 1996, 2004a,b, Galagovsky et al., 1994, 1998, 2000, 2001, 2003; Haim et al., 2003).

Nota: Ejemplo de inconsistencias en la “teoría ácido-base” (Wobbe de Vos, 2002):

Por un lado, mientras que en el contexto analítico una solución se describe en término de qué ha sido disuelto, el contexto de Arrhenius exige una descripción en términos de la composición real de la solución. Entonces, en vez de decir que una solución contiene 0.1 moles de ácido acético por litro, se espera que los alumnos, en el contexto de Arrhenius, describan la solución en términos de la concentración de iones hidrógeno, iones acetato, y acético no disociado.

Paradójicamente, la acidez de una solución de ácido acético se atribuye a la parte del ácido acético que ha sido ionizado y, por lo tanto, que ya no está presente como ácido. Si las soluciones de dos ácidos débiles son ambas 1 M, la solución de ácido más débil es menos acídica, aunque contiene más ácido (del no ionizado).

La notación de tales soluciones es sumamente confusa. En la mayoría de los libros, simplemente se escribe “HAc (aq)”, que desde el contexto de Arrhenius y Bronsted parece estar justificado porque normalmente una pequeña parte de este ácido débil está ionizada. Desafortunadamente, esta notación ignora el hecho esencial de que la solución es acídica. No está claro tampoco, cómo proceder en este contexto cuando en soluciones muy diluidas, una gran parte del ácido débil está ionizado. Pareciera que, en la práctica, la notación “HAc (aq)” viene del contexto de síntesis.

El armado correcto de una Red Conceptual sobre el tema ácidos y bases (Galagovsky, 1996) requirió desarticular conceptualmente estas inconsistencias, muy bien señaladas desde el contexto de currículo en capas sedimentarias por Wobbe de Vos (2002).

Bibliografía

ALVAREZ MÉNDEZ, JM (2000). Didáctica, Currículo y Evaluación. Ensayo sobre cuestiones didácticas. Miño y Dávila Editores, Buenos Aires/Madrid

ANDER EGG, E (1985). ACERCA DEL PENSAR CIENTÍFICO. Ed. Humanitas. Buenos Aires.

ANRIG, G (2003). Large-Scale Improvement of Teaching and Learning: what we know, what we need to know. Conferencia plenaria en el 76th Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Conference Theme: Excellence in Science Teaching for All. Filadelfia, EEUU, 23-26 Marzo de 2003.

ASTOLFI, JP (1998). Desarrollo de un currículo multirreferenciado para hacer frente a la complejidad de los aprendizajes científicos. Enseñanza de las Ciencias, 16 (3), 375, Barcelona.

BUELL, P AND GIRAUD J (1994). Chemistry. An environmental perspective. Prentice Hall, New Jersey.

BUCAT, B. Implication of Chemistry Education Research: Pedagogical Content Knowledge as a way forward. Conferencia, 18th International Conference on Chemical Education, 3-8 de Agosto, Estambul, Turquía. (Proceedings, page 6).

CAAMAÑO, R. (2001). La Enseñanza de la Química en el Inicio del Nuevo Siglo: Una Perspectiva desde España. Educación Química, 12 (1), pág. 7. México.

CAMPANARIO, J.M. y MOYA, A (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. En Enseñanza de las ciencias.17.

CONTENIDOS BÁSICOS COMUNES (1996). Consejo Federal de Educación, MCyEN

CILIBERTI, N. Y GALAGOVSKY, L. (1999). Las redes conceptuales como instrumento para evaluar el nivel de aprendizaje conceptual de los alumnos. Un ejemplo para el tema de dinámica, en Enseñanza de las Ciencias, 17 (1), 17-29.

CHEMIE (1998). Chemie, vwo bovenbo, deel 1 (A-level of Chemistry, part 1). Groningen: Wolters-Noordhoff

CORTÓN, E; HAIM, L; KOCMUR, S and GALAGOVSKY L (1999). CO₂ Potentiometric Determination and Electrode Construction. a Hands-on Approach. *Journal of Chemical Education*, 76 (9), 1253-1255.

CORTÓN, E; HAIM, L; KOCMUR, S and GALAGOVSKY L (2000). CO₂ Potentiometric Calibration in Gaseous Phase. Application in Different Laboratories Activities. *Journal of Chemical Education*, 77 (9), 1188-1190.

CORTÓN, E; HAIM, L; KOCMUR, S; VISBEEK, G and GALAGOVSKY L (2002). A non-radioactive simulation of the Viking mission labeled released (LR) experiment: A search for evidence of life. *J. Chem. Ed.*, 79 (9), 1105-1109.

DOCUMENTOS CURRICULARES (2004) para la Dirección de Educación Superior, Provincia de Buenos Aires. Núcleos temáticos sobre la disciplina Química. Coordinación: Galagovsky, L, Co-autores: Castro Marta, Colotta Juan Pablo, Cutrera Guillermo, De Fago Alejandra, Diez María Luz, Etchart Sergio, Giménez Mónica, Gómez Mabel, Liloff Gustavo, Manavella Ana, Moreno Roberto, Scandrolí Norberto, Scarpello Edith Ester, Pérez Mónica, Vargas Luis, Venafri Alicia, Zanassi, Graciela.

Documento 1: Situación de la Enseñanza de la Química y de las Ciencias Naturales

Documento 2: Problemáticas de enseñanza y aprendizaje de la Química.

Documento 3: Trayectoria del campo disciplinar de la Química.

Documento 4: Trayectoria de la didáctica especial de la Química y de las Ciencias Naturales

Documento 5: Corrientes didácticas, políticas educativas y prácticas escolares y su relación con la enseñanza de Química

Documento 6: Líneas directrices acerca de posibles cursos de acción para el mejoramiento de la enseñanza de la Química en los diferentes niveles educativos

EMSLEY, J (1994). *Molecules at an exhibition*. Oxford: Oxford University Press.

EMSLEY, J (1998). *The consumers's good chemical guide*. Oxford: Spectrum.

FOUREZ G. (1994) *Alfabetización científica y tecnológica*. Colihue: Buenos Aires

GALAGOVSKY, L (1993). *Hacia un nuevo rol docente*. Editorial Troquel, Buenos Aires.

GALAGOVSKY, L (1996). *Redes Conceptuales: Memoria, Comunicación y Aprendizaje*. Editorial Lugar, Buenos Aires.

GALAGOVSKY, L R. (2004a). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte I. El modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias* 22(2), 229-240.

GALAGOVSKY, L R. (2004b). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte II. Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.

GALAGOVSKY, L y ADÚRIZ BRAVO, A (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (2), 231-242, ICE, Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L y CILIBERTI, N (1994). Redes conceptuales: su aplicación como instrumento didáctico en temas de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 338-349 (1994). Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L; BONÁN, L y ADÚRIZ BRAVO, A (1998). Problemas con el lenguaje científico en el aula. Un análisis desde la observación de clases de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 315-321. Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L y MUÑOZ, JC (2000). La *distancia* entre aprender palabras y aprehender conceptos. El Entramado de Palabras-Concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 29-45 (2002). ICE, Barcelona, España.

GALAGOVSKY, L.; RODRÍGUEZ, M.; STAMATI, N.; MORALES, L. (2003). Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 107 – 121, Barcelona.

GARDNER, PL (1993). The historical independence of technology and science. *Australian-Science-Teachers Journal* 39(1), 9-13.

GARRITZ, A. (1999). La Química de la Segunda Mitad del Siglo XX. *Educación Química*, 10 (1), 13 – 21, México.

GILBERT, J (2002). Chemistry and Chemical Education. En *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, Kluwer Academic Publishers.

GILBERT, J and STOCKLMAYER, S (2001). The design of interactive exhibits to promote the making of meaning. *Museum management and curatorship*, **19**, 41-50.

GILBERT, J; STOCKLMAYER, S and GARNETT (1999). Mental modelling in science and technology centres: What are visitors really doing? En S. Stocklmayer and T. Hardy (Eds). *Proceedings of the International Conference on learning science in informal contexts* (pp 16-32) Canberra: Questacon: The National Science and Technology Centre.

HAIM, L; CORTÓN, E; KOČMUR, S and GALAGOVSKY L (2003). Learning stoichiometry with hamburger sandwiches. *Journal of Chemical Education* 80 (9) 1021-1022 (2003). Con manuscrito adicional on line.

JOHNSTONE, A. H. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom what They Seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, pp 75-83.

JOHNSTONE, A. H. (1997). Chemistry Teaching – Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, 74, 262.

LA NACIÓN (2004). Artículo editorial “El Futuro de la Investigación”, miércoles 28 de enero.

NÍAZ, M (2004). 18th International Conference on Chemical Education, Estambul, Turquía.

NÍAZ, M y RODRÍGUEZ MA (2002). Improving learning by discussing controversies in 20th century physics. *Phys. Educ.* 37 59-63.

BRITO, A; RODRÍGUEZ, MA y NÍAZ, M (2005). Reconstruction of development of the Periodic Table based on History and Philosophy of Science and its implications for General Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 84-111.

OSBORNE, J (2000), en O de Jong, ER Savelsbergh & A. Alblas (editores), teaching for scientific literacy: Context, competency and curriculum (pp 15-25). Utrecht, CDβ -Press

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY (RSC) (2001). Science and the public: Learning for the future. Londres: Royal Society of Chemistry.

SCHMIDT, HJ (1991). A label as a hidden persuader: Chemist’s neutralization concept. *Intern. J. Sci. Educ.* 13 (4), 459-72.

SCHMIDT, HJ (1999). Should Chemistry lessons be more intellectually challenging? Poster presentado en el 5th *European Conference of research in Chemical Education*, Ionannina, Grecia.

SCHWARTZ, AT; BUNCE, DM; SILBERMAN, RG; STANITSKI, CL; STRATTON, WJ AND ZIPP, AP (1994). *Chemistry in Context. Applying chemistry to society*. American Chemical Society, Wm C Brown Publishers, EEUU.

STOCKLMAYER S and GILBERT J (2002). *Informal Education*, en *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

TERIGI, F (1999), *Currículum. Itinerarios para aprehender un territorio*. Santillana.

WEBSTER S (1996). Public perceptions of chemistry: a public relations campaign in Huddersfield: pre- and post-survey: summary of results. Londres: Royal Society of Chemistry.

WOBBE De VOS, AB and PILOT A. (2002). Chemical Education: Towards Research – based Practice. Gilbert KJ, De Jong, O, Justi R, Treagust DF y Van Drien JH editores. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.



Revista **QuímicaViva**
Número 1, año 4, mayo 2005
quimicaviva@qb.fcen.uba.ar

Del ratón al hombre en menos de treinta días. Tratamiento del infarto de miocardio con células progenitoras de médula ósea

Rubén P. Laguens*

Departamento de Ciencias Básicas de la Patología. Universidad Favaloro. Buenos Aires.

From mouse to man in less than sixty days. Treatment of myocardial infarct with adult bone marrow stem cell.

A fines de siglo pasado se comunicó que la inyección por vía endovenosa de neuroblastos inmaduros cultivados in vitro en ratones irradiados daba origen a células sanguíneas (1). Esta observación, diferenciación de cerebro en sangre, y otras similares: médula ósea diferenciada en hígado, músculo esquelético en sangre, sangre en neuroglía, médula ósea en músculo (2-4), dieron por tierra con el dogma de que la única posibilidad de diferenciación de una célula progenitora una vez alojada en un tejido es la de producir exclusivamente las células pertenecientes a ese tejido y no otras estirpes celulares. Estos estudios abrieron una nueva era, la de la biología de las células tronco (stem cells) y del trasplante celular. Desde ese momento se incorporaron nuevas palabras al lenguaje biomédico, tales como plasticidad y transdiferenciación.

En el número de abril de 2001 de la revista *Nature*, Orlic y colaboradores comunicaron que el trasplante de células adultas de médula ósea en el infarto de miocardio experimental del ratón inducía la aparición de nuevas células musculares, además de proveer nuevos vasos sanguíneos (5). Pese a lo incompleto de este estudio, que se realizó solamente a los nueve días después del infarto, y cuya evolución posterior no se estudió, el 26 de agosto de ese mismo año, cuatro meses y veinte días más tarde, apareció publicado el primer ensayo de trasplante de médula ósea autóloga en humanos con infarto agudo de miocardio, después de un seguimiento de diez semanas (6). Ello permite estimar que en sesenta días se seleccionó al paciente apropiado para el estudio, se obtuvo la autorización de un comité de ética, se escribieron los resultados, fueron analizados por un comité editorial y, finalmente, se publicaron. Un año después, los mismos investigadores publicaron los resultados de un ensayo de fase 1 con 20 pacientes, 10 de los cuales recibieron por vía intracoronaria células de médula ósea después de una angioplastia exitosa, realizada en la fase postaguda del infarto (7), y el año pasado se publicaron los resultados de otros dos estudios, uno aleatorizado con 60 pacientes (8), y otro no aleatorizado, sobre el efecto que producía la inyección intracoronaria de células mononucleares de la médula ósea o de células mononucleares obtenidas de sangre periférica sobre la evolución de infartos agudos (9). Por último, un mes atrás, en marzo de este año, en la Sesión Científica Anual del *American College of Cardiology*, se comunicaron los resultados de dos nuevos estudios en humanos. Estos, realizados en pacientes con infartos no demasiado severos, mostraron una mejoría modesta, pero significativa, de la función cardíaca.

Como era de esperar, esta nueva modalidad terapéutica despertó la imaginación y el entusiasmo del mundo médico. Y, en lo que es quizá un ejemplo del exceso de información, en cuatro años han aparecido 121 trabajos y 49 revisiones en las bases de datos de la literatura médica, todo esto sobre la base de solamente tres publicaciones, con resultados todavía no definitivos.

En una época en la que la Medicina basada en la evidencia parece ser un requisito esencial para imponer una terapéutica, y en la que las exigencias para la realización de ensayos terapéuticos humanos son cada vez más estrictas, en especial en lo que respecta a los criterios de seguridad y eficacia, cabe preguntarse si se cumplieron con esos requisitos.

¿Qué es lo que no se hizo y se debió hacer antes de introducir células autólogas en el corazón de un ser humano?

Por ejemplo, no se determinó en modelos experimentales la eventual toxicidad de este tratamiento, o cuál es la mejor variedad de célula para inyectar (médula ósea total, progenitores aislados por citometría de flujo, mononucleares de sangre periférica, con o sin cultivo previo), el número óptimo de células y la mejor vía de inoculación (intraarterial o intramiocárdica), el momento óptimo después del infarto para el tratamiento, o el destino de las células inyectadas. Todavía hoy esos interrogantes siguen sin respuesta.

La conclusión obvia es que los estudios publicados son experimentos realizados con seres humanos.

¿Cuáles fueron las razones para ese proceder? Salvo por la posibilidad del deseo de notoriedad y el afán de la prioridad que mueve el accionar de algunos científicos, en una época de ciencia extremadamente competitiva, motivaciones que pueden ser sospechadas pero no confirmadas, es difícil encontrar una explicación para la premura en extender resultados obtenidos en ratones a la enfermedad humana en tan poco tiempo. La situación del infarto agudo no es la misma que la de los pacientes con angina de pecho, otra de las enfermedades del corazón debidas a la obstrucción de las arterias que lo irrigan, y en la que también se realizan ensayos terapéuticos con trasplante de células progenitoras de la médula ósea. A diferencia de lo que ocurre en el infarto agudo, los pacientes con angina de pecho seleccionados para los ensayos son aquellos en los que han fracasado todas las medidas terapéuticas, pacientes designados "sin opción". Por el contrario, los que tenían un infarto agudo ya habían sido tratados con éxito por medio de métodos que eliminan la obstrucción arterial. ¿Qué habría ocurrido si hubieran aparecido efectos adversos, o alguna muerte, durante el tratamiento? Además de la interrupción de los estudios, seguramente se hubieran prohibido durante largo tiempo, privando a la medicina de una terapéutica potencialmente útil. Afortunadamente, por lo menos durante más de un año después del implante celular, no parece haber efectos adversos.

La otra duda que surge es si se cumplieron las normas éticas exigidas en la actualidad para los ensayos terapéuticos. Dado que se trata de un trasplante celular autólogo, todavía no existe intervención de los organismos de control, tales como al FDA en los Estados Unidos de América, o el ANMAT en nuestro país, y como todavía no se ha legislado sobre el tema, el consentimiento de los pacientes y la aprobación de los comités de ética vinculados a los centros donde se realizan los ensayos serían suficientes para cumplir con los requisitos éticos mínimos.

A pesar de estas objeciones, la terapéutica celular en las enfermedades del corazón parece haber llegado para quedarse. Después de los ensayos ya publicados, en numerosos centros, tanto en el nuestro como en otros países, se ha comenzado a tratar pacientes. La profusión de estos estudios se debe, en primer lugar, a su accesibilidad. Cualquier institución de mediana complejidad, que cuente con un equipo de cateterismo cardíaco y con hematólogos entrenados para separar células mononucleares de la médula ósea, está en condiciones de realizarlos con eficacia y seguridad. Si a ello se le agrega un costo pequeño y la ausencia de requisitos éticos difíciles de cumplir, es sencillo explicar el auge de esta terapéutica.

Ante esta realidad surge la pregunta de si es correcto que se haya procedido de esta manera. Si bien la respuesta por sí o por no es opinable, existe una situación que debe ser tenida en cuenta. Debe recordarse que todo ensayo terapéutico en humanos es, en última instancia, un experimento, muchas veces con resultados indeseados, pese a las precauciones que se adoptan. Basta recordar la reciente experiencia con los compuestos inhibidores de la ciclooxigenasa, que debieron ser retirados del mercado después de la aparición de accidentes cerebrovasculares y muertes. Quizá el proceder no haya sido todo lo correcto de desear, pero el hecho de que haya médicos con el coraje y la decisión para tomar un atajo cuando existen razonables perspectivas de que mejoren sus pacientes, sin producir daños importantes, señala por lo menos un cambio de actitud. Por primera vez en muchos años, se ensaya en humanos una terapéutica sin cumplir con la mayoría de los requisitos exigidos, en la que no participan ni la industria farmacéutica, ni los organismos de control, solamente médicos que toman decisiones, algunas veces arriesgadas, para mejorar la salud de sus pacientes. Lo que es de desear es que los estudios futuros sean multicéntricos y con protocolos únicos, de manera tal que en el menor tiempo posible se sepa si el trasplante celular es de utilidad para el tratamiento de las enfermedades cardíacas, que debe recordarse son la mayor causa de mortalidad humana.

Bibliografía.

1. Bjornson CR, Rietze RL, Reynolds BA, Magli MC, Vescovi AL. Turning brain into blood: a hematopoietic fate adopted by adult neural stem cells in vivo. *Science* 1999; 283: 534-7.
2. Eglitis MA, Mezey E. Hematopoietic cells differentiate into both microglia and macroglia in the brains of adult mice. *Proc Natl Acad Sci USA* 1997; 94: 4080-5.
3. Azizi SA, Stokes D, Augelli BJ, DiGirolamo C, Prockop DJ. Engraftment and migration of human bone marrow stromal cells implanted in the brains of albino rats-similarities to astrocyte grafts. *Proc Natl Acad Sci USA* 1998; 95: 3908-13.
4. Ferrari G, Cusella-De Angelis G, Coletta M, Paolucci E, Stornaiuolo A, Cossu G, et al. Muscle regeneration by bone marrow-derived myogenic progenitors. *Science* 1998; 279: 1528-30.
5. Orlic D, Kajstura J, Chimenti S, Jakoniuk I, Anderson SM, Li B, et al. Bone marrow cells regenerate infarcted myocardium. *Nature* 2001;410:701-5.
6. Strauer BE, Brehm M, Zeus T, et al. Myocardial regeneration after intracoronary transplantation of human autologous stem cells following acute myocardial infarction. *Dtsch med Wschr.* 2001; 126: 932-938.
7. Strauer BE, Brehm M, Zeus T, Kostering M, Hernandez A, Sorg RV, et al. Repair of infarcted myocardium by autologous intracoronary mononuclear bone marrow cell transplantation in humans. *Circulation* 2002;106:1913-8.
8. Schachinger V, Assmus B, Britten MB, Honold J, Lehmann R, Teupe C, et al..Transplantation of progenitor cells and regeneration enhancement in acute myocardial infarction: final one-year results of the TOPCARE-AMI Trial. *J Am Coll Cardiol.* 2004 Oct 19; 44:1690-9.
9. Wollert KC, Meyer GP, Lotz J, Ringes-Lichtenberg S, Lippolt P, Breidenbach C, et al. Intracoronary autologous bone-marrow cell transfer after myocardial infarction: the BOOST randomised controlled clinical trial. *Lancet.* 2004; 364:141-8.

*Director del Departamento de Ciencias Básicas de la Patología.

Universidad Favaloro. Buenos Aires.

rlaguens@ffavaloro.org


ISSN 1666-7948
www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista **QuímicaViva**
Número 1, año 4, mayo 2005
quimicaviva@qb.fcen.uba.ar

Alimentos funcionales probióticos

Dras. María Pía Taranto, Marta Médici y Graciela Font de Valdez*

Laboratorio de Tecnología y Genética, Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA/CONICET),

Chacabuco 145, T4000CNK, Tucumán, Argentina. E-mail: gfont@cerela.org.ar.

Palabras clave: Lactobacilos, probióticos, alimentos funcionales

La demanda del mercado nacional e internacional ha impulsado en los últimos años una nueva línea de alimentos funcionales probióticos, productos alimenticios que, además de su valor nutritivo intrínseco, ayudan a mantener el estado de salud general del organismo y a la vez pueden tener un efecto benéfico adicional, terapéutico o preventivo en el huésped. El concepto de alimentos funcionales (AF) tiene su origen en una mayor comprensión de las bases moleculares de la relación existente entre alimentación y salud y la posibilidad de contar con reguladores biológicos (donde las bacterias lácticas juegan un papel protagónico) que disminuyan el riesgo de contraer enfermedades.

Los microorganismos comúnmente empleados como probióticos se encuentran disponibles comercialmente a través de laboratorios o industrias alimenticias a nivel internacional así como en colecciones de cultivos. Sin embargo, muchos de ellos con propiedades particulares, están protegidos mediante patentes o licencias. La colección de cultivo de CERELA cuenta con un banco de bacterias probióticas para diferentes estudios tales como producción de vitaminas, regulación lipídica, inmunomodulación, protección del tracto gastrointestinal, etc.

En esta revisión del tema se describen la disminución de intolerancia a la lactosa –uno de los efectos probióticos de las BAL mejor documentados- y otros potencialmente benéficos, por ejemplo, propiedades inmunomoduladoras, capacidad hipolipemiente, inhibición de patógenos intestinales, propiedad protectora de la mucosa gástrica, actividad antagónica contra rotavirus, prevención de reacciones alérgicas y disminución del riesgo de enterocolitis necrotizante neonatal. La investigación científico-tecnológica de estas propiedades permitirá optimizar los procesos de elaboración de alimentos funcionales que contengan este tipo de cultivo lácticos, así como conocer los mecanismos por los cuales estas bacterias ejercen su efecto benéfico en el huésped, lo que reforzará la confianza de la comunidad médica y el público en general en el uso de estos bio-reguladores que se encuentran a la vanguardia en el mercado internacional de alimentos.

Probiotic functional foods

Key words: Lactobacillus, Probiotics, Functional Foods

Functional foods are the food industry's response to the consumer's demand for foods that are both attractive and healthy, a market that has tremendously increased during last years. These kinds of products are branded foods, which claim, explicitly or implicitly, to improve health or well-being. Nowadays, much research is being done in the field concerning the molecular bases of the

relationship existing between nutrition and health, and the possibility of developing biological regulators containing probiotic lactic acid bacteria, which might be used to prevent the risk of disease.

Some lactic probiotic cultures are commercially available but many other strains with particular properties are either protected by a patent or licenced. Within the culture collection of CERELA there is a bank of probiotic cultures, which are being studied for different purposes, e.g., as vitamin producers, lipid bioregulator, immune stimulant, gastrointestinal bioprotectors, etc.

In this review some beneficial effects due to lactic acid bacteria like the reduction in lactose intolerance –one of the best-documented probiotic effect- the immuno-modulation properties, the cholesterol reduction, inhibition of intestinal pathogens, the protection of the gastric mucose, the antagonistic activity against rotavirus, or the prevention of allergic reactions are described. The scientific and technological research in the field will support in the future a better handling of these cultures and the development of novel products with well known beneficial properties and way of action in the host.



L.casei

La demanda del mercado nacional e internacional ha impulsado en los últimos años una nueva línea de alimentos funcionales probióticos, productos alimenticios que, además de su valor nutritivo intrínseco, ayudan a mantener el estado de salud general del organismo y a la vez pueden tener un efecto benéfico adicional, terapéutico o preventivo en el huésped. Según la FAO (2002) los probióticos se definen como: “*Microorganismos vivos que ejercen una acción benéfica sobre la salud del huésped al ser administrados en cantidades adecuadas*”. El concepto de **alimentos funcionales** (AF) tiene su origen en una mayor comprensión de las bases moleculares de la relación existente entre alimentación y salud y la posibilidad de contar con reguladores biológicos (donde las bacterias lácticas juegan un papel protagónico) que disminuyan el riesgo de contraer enfermedades. Se definen también como “*alimentos susceptibles de producir un efecto benéfico sobre una o varias funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, de mejorar el estado de salud y de bienestar y/o de reducir el riesgo de una enfermedad*” (1).

Los microorganismos comúnmente empleados como probióticos se encuentran disponibles comercialmente a través de laboratorios o industrias alimenticias a nivel internacional así como en colecciones de cultivos (ATCC, DSM, CRL [CERELA-CONICET]). Algunos ejemplos de estos microorganismos son los siguientes: *Lactobacillus acidophilus* NCFM (Rhone-Poulenc., Estados Unidos), *Lactobacillus reuteri* 106 (BioGaia, Estados Unidos), *Bifidobacterium longum* bb536 (Morinaga Milk Ind. apón), *Lactobacillus plantarum* 299 (ProViva, Finlandia), *Lactobacillus casei* YIT9018, *Shirota*, (Yakult, Japón) y *Lactobacillus johnsonii* LJ-1 (Nestlé, Suiza). *Lactobacillus casei* CRL 431 y *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 (CERELA, Argentina), *Lactobacillus reuteri* CRL 1098 (Patente en trámite nro p040103130, CERELA, Argentina) entre otros. Los probióticos lácticos están incluidos en diversos productos lácteos, actualmente en el mercado, como los denominados “bio-yogurts” (Nestle, st. Ivel, Danone, Onken, Vfit) leches fermentadas (Yakult: *L. casei* Shirota; Nestle’s LC1Go: *L. johnsonii*; LG21 yogurt: *L. gasseri* OLL2716), quesos probióticos (Bioqueso Iloay Vita), leche BIO (Sancor/Cerela/Conicet), entre otros. Estos productos son comercializados con el eslogan: “Mejoran el balance de la flora intestinal”. También se los encuentra en preparados en forma de tabletas y polvos que incluyen un solo microorganismo o una mezcla de ellos, como **Multibiota** (*L.*

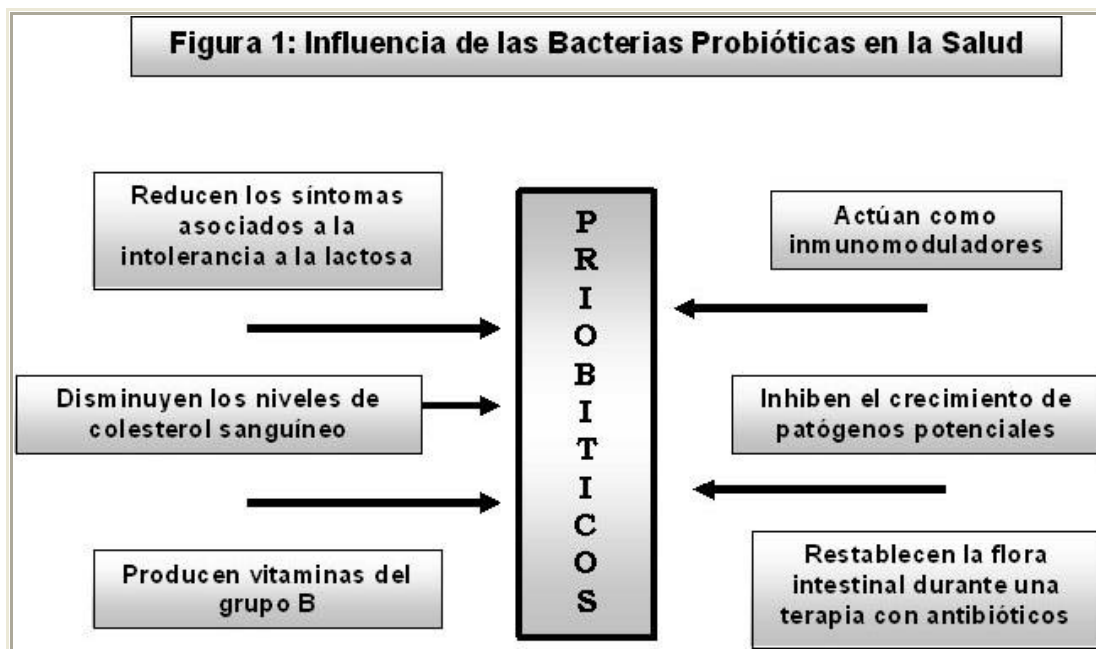
acidophilus, *Bifidobacterium bifidum* y *B. longum*) en Inglaterra y **Protexin** (*Streptococcus*, dos cepas de bifidobacterias y cuatro lactobacilos [2]).

El agregado de bacterias probióticas para la elaboración de AF depende por un lado, del sinergismo que debe establecerse entre estos cultivos y los iniciadores de la fermentación (fermentos, cultivos iniciadores) lo que permite obtener un producto fermentado con excelentes propiedades sensoriales (3) y por el otro lado, de los factores extrínsecos que afectan o condicionan la viabilidad de las cepas funcionales. Cabe mencionar que uno de los requisitos principales de este tipo de AF es que los microorganismos probióticos permanezcan **viabiles** y **activos** en el alimento y durante el pasaje gastrointestinal para garantizar así su potencial efecto benéfico en el huésped.

Dentro de los factores extrínsecos más importantes que afectan la viabilidad y sobrevivencia de las células se encuentran: el pH (condiciones de acidez derivadas del proceso de fermentación), el oxígeno disuelto (especialmente para bifidobacterias), las interacciones antagónicas entre especies, la composición química del medio de cultivo, la concentración final de azúcares (aumento de la presión osmótica), las prácticas de inoculación (es importante conocer el momento adecuado para el agregado del cultivo probiótico), la temperatura y duración de la fermentación, y las condiciones de almacenamiento del producto, etc (4, 5).

En este contexto, el Queso Fresco Probiótico (Bioqueso Iloay Vita) es un vehículo adecuado para cultivos probióticos. Contiene *S. thermophilus* y *Lactococcus lactis* (fermento láctico) y *B. bifidum*, *L. acidophilus* y *L. paracasei* (bacterias probióticas). El mismo garantiza una adecuada viabilidad de las bacterias durante su período de conservación hasta el consumo, y la matriz de caseína protege a las células de la acción de los jugos digestivos (6).

Algunos efectos probióticos atribuidos a las bacterias lácticas están muy documentados, y se conoce su mecanismo de acción (como por ejemplo: la disminución de la intolerancia a lactosa) mientras que otros, como las propiedades antitumorales o el efecto hipocolesterolémico, requieren mayores estudios *in vitro* y en modelos experimentales para poder confirmar el modo de acción. A continuación se realiza una concisa reseña de estos aspectos (Figura 1).



Intolerancia a la lactosa

Uno de los efectos probióticos más consistentes y reproducibles es la disminución de los síntomas asociados con la mala absorción de lactosa. La intolerancia congénita a lactosa es causada por una deficiencia en la enzima b-galactosidasa (b-gal) a nivel intestinal, resultando así en la imposibilidad de

digerir este disacárido. Los individuos que la padecen desarrollan diarrea, flatulencia, dolor abdominal e incluso fiebre luego del consumo de leche, aunque los síntomas varían con el grado de intolerancia. Estudios en humanos demostraron que la lactosa en el yogur (producto fermentado) es asimilada más fácilmente que la misma cantidad presente en la leche (7). Estos resultados se deben a un aumento de la actividad β gal luego de la ingesta de yogur, cuyo origen es microbiano y no de mucosa (8). Algunos estudios demostraron que si bien las bacterias lácticas (BAL) presentes en el yogur no necesitan estar viables para favorecer la asimilación de lactosa, es importante que las células permanezcan intactas durante el pasaje gastrointestinal para proteger a la enzima β gal (9). Este efecto probiótico comprende la disminución de la concentración de lactosa en el producto fermentado (debido al crecimiento y metabolismo microbiano) y al suministro de la enzima β -gal en el lumen intestinal.

Efecto Inmunomodulador

Las propiedades benéficas de las cepas probióticas en el intestino justifican su inclusión en los productos lácteos fermentados, especialmente aquellas relacionadas con el sistema inmune. Al respecto, es deseable que las BAL en los AF sean capaces no sólo de inducir una inmunoestimulación a nivel de mucosas, sino también de garantizar la ausencia de efectos colaterales tales como la translocación microbiana (pasaje a través de la mucosa intestinal hacia órganos extraintestinales como hígado y bazo) y la alteración de la permeabilidad intestinal debido a una respuesta inflamatoria exacerbada. Por este motivo es imprescindible evaluar la habilidad de la cepa probiótica para interactuar con el intestino y con las células inmunes asociadas a éste (10, 11).

Por ejemplo, la mezcla de bacterias utilizadas para la elaboración del Queso Fresco Probiótico fueron capaces de interactuar con los sitios de inducción más importantes del intestino delgado (placas de Peyer) e intestino grueso (nódulos linfoides mesentéricos) y mantener la relación de Linfocitos T CD4+/CD8+, sin producir efectos secundarios o colaterales tales como el incremento de la respuesta inflamatoria mediada por la actividad citotóxica de LT CD8+ (6, 12, 13). De esta manera se logra aumentar la resistencia inespecífica del huésped y facilitar la exclusión de patógenos del intestino (14).

Efecto hipocolesterolémico

Un efecto probiótico importante, de posible aplicación en el área médico-nutricional, es la capacidad de algunas cepas BAL de reducir el colesterol sérico. Este compuesto es precursor de ácidos biliares y hormonas esteroides y un componente importante de la membrana celular de los organismos eucariotas superiores.

En el hombre, dos tercios del colesterol plasmático total están esterificados y el resto circula en la membrana de los glóbulos rojos. Un 60-70% es vehiculizado por las lipoproteínas de baja densidad (LDL), el 20-30% por las de alta densidad (HDL) y el 5-10% restante por las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Aún cuando el colesterol es imprescindible para la vida, su exceso es un factor de riesgo en el desarrollo de la aterosclerosis y otras enfermedades coronarias. Datos estadísticos recientes revelan que una disminución de colesterol en sangre reduce la incidencia de muerte por afecciones coronarias en poblaciones con dietas ricas en grasa. En la Argentina, un 46% de las defunciones son consecuencia de enfermedades cardiovasculares, siendo los hombres más susceptibles que las mujeres. Además, un 30-40% de la población padece hipercolesterolemia.

En la actualidad existen diversas drogas para el tratamiento de esta anomalía, ya sea inhibiendo la 3-hidroxi-3 metilglutaril coenzima A reductasa (cataliza la formación de mevalonato), aumentando la excreción biliar neta por interrupción de la circulación enterohepática de la bilis, o inhibiendo la lipasa pancreática (15, 16). Sin embargo, los efectos colaterales derivados de las mismas llevan a

replantear su uso terapéutico y la posibilidad de usar BAL con efecto hipocolesterolémico como reguladores biológicos, lo que resultaría en un tratamiento más natural de la hiperlipemia.

Esta hipótesis se generó a partir de un relevamiento sanitario efectuado en la tribu Massai (17) que reveló niveles de colesterol inferiores al valor promedio normal. Los investigadores relacionaron este fenómeno con el consumo de leches fermentadas (alimento base de la tribu) y la presencia de una cepa silvestre de lactobacilo que llevaba a cabo el proceso de fermentación natural.

Estudios posteriores son contradictorios y se informan efectos transitorios o difícilmente extrapolables a condiciones normales de consumo de lácteos fermentados. Por ejemplo, se observó un 10-12% de reducción de colesterol sérico en adultos con la ingesta continuada de yogur, efecto que sólo se mantuvo durante dos semanas (18). Resultados similares en humanos fueron obtenidos con la ingesta de grandes dosis (680 a 5.000 ml/día) de otras leches fermentadas (19) y en animales de experimentación hipercolesterolémicos luego del suministro de leche fermentada con *S. thermophilus* (ratas) y con *L. acidophilus* (cerdos) (20, 21). En todos estos estudios, el efecto hipolesterolémico fue transitorio, no obstante usarse elevadas dosis de BAL viables (108-1010 células).

Taranto y col. (22, 23) pusieron en evidencia el efecto hipocolesterolémico de la cepa *L. reuteri* CRL 1098 en un modelo experimental animal hipercolesterolémico. Se comprobó la efectividad del probiótico administrado en forma terapéutica y preventiva a muy baja dosis (104 cfu/día) sin efectos colaterales, obteniéndose con los tratamientos mencionados una disminución significativa ($P < 0.01$) del orden de 38-20% de colesterol total y 35-22% de triglicéridos. Al mismo tiempo, la administración de *L. reuteri* produjo un aumento de la razón HDL/LDL de 18 y 12 % en cada caso. Estos resultados son muy promisorios, ya que al presente ninguna droga alopática aumenta la lipoproteína de alta densidad (HDL). Un efecto hipocolesterolémico similar se observó utilizando cepas de bifidobacterias, pero los autores no hacen referencia a lipoproteínas (24).

A pesar de los avances en el tema, no se conoce aún el modo de acción de los probióticos liporeductores ni el mecanismo por el cual reducen colesterol *in vivo*. Según estudios realizados *in vitro* (en medios de cultivo) se cree que el fenómeno podría deberse a 1) Asimilación del compuesto por la bacteria (25) 2) Fenómenos físicoquímicos (26) y/o 3) Actividad hidrolasa de sales bilares del probiótico (27, 28).

Efecto gastro-protector

Uno de los agentes etiológicos más comunes asociado a gastritis aguda, crónica y úlcera péptica es la presencia de *Helicobacter pylori*. Cuando esta bacteria Gram negativa alcanza la cavidad gástrica, atraviesa la capa de mucus y se sitúa en íntimo contacto con las células epiteliales de la mucosa, desencadenando una reacción inflamatoria (gastritis aguda) que se traduce clínicamente en una sintomatología difícil de diagnosticar. Tras esta infección aguda, la bacteria, anclada en la superficie de la mucosa gástrica, da lugar a una gastritis crónica, caracterizada por la presencia de un infiltrado de linfocitos y células plasmáticas. Esta infección crónica puede evolucionar hacia patologías más graves como úlcera péptica, cáncer gástrico o linfoma.

Diversos estudios pusieron en evidencia la efectividad de algunas especies del Género *Lactobacillus* contra *H. pylori* (29, 30) entre las cuales podemos mencionar a *L. gasseri* OLL 2716, *L. acidophilus* DDS-1J, *L. casei* cepa Shirota. Una posible explicación del efecto antagónico sería que la inducción de prostaglandinas endógenas en respuesta a la producción de elevadas cantidades de ácido láctico en el estómago (31) u otros mecanismos aún no descriptos, actuarían como mecanismos de defensa con efecto protector de la mucosa gástrica (32).

Actividad antagónica contra rotavirus

La gastroenteritis aguda provocada por rotavirus es la causa más común de diarrea grave en bebés y niños menores de 5 años, que se manifiesta con diarrea, vómitos y fiebre. El virus se transmite por alimentos o agua contaminados con materia fecal. Algunas bacterias probióticas han demostrado ser benéficas en el tratamiento de este tipo de diarrea aguda, tales como *L. reuteri* y *L. rhamnosus* (33, 34) que colonizan el tracto intestinal y disminuyen significativamente el tiempo de duración de la diarrea aguda asociada con rotavirus.

Prevención de reacciones alérgicas

Las alergias son la respuesta del sistema inmunológico a un alimento, inhalante (sustancias en el aire) o sustancia química en particular. Los alérgenos alimenticios, como las proteínas de leche de vaca o el gluten, pueden provocar una respuesta pro-inflamatoria en el intestino por alteración de la función de la barrera intestinal. Es posible que las bacterias probióticas puedan prevenir esta disfunción intestinal (12), pero existe además una relación directa entre la función del tejido linfoide asociado al intestino y la respuesta alérgica. Uno de los mecanismos primarios involucrados en este proceso podría ser la supresión celular activa responsable de los eventos proinflamatorios en el intestino. Este mecanismo se llevaría a cabo por la secreción de citoquinas supresoras como el *transforming growth factor* b (TGF-b) y la interleuquina 10 (IL-10). Los probióticos actúan reduciendo la inflamación intestinal, corrigen el desbalance de los linfocitos y estimulan a las citoquinas de los linfocitos Th1 (IL-12 e INF-gamma). Algunos de los lactobacilos y bifidobacterias usados como probióticos favorecerían la producción de IgA y reducirían la secreción de IgE mediante el incremento en la captación de los antígenos por las placas de Peyer y el mejoramiento en el procesamiento de los antígenos que llegan al intestino a través de la dieta (35). Este mecanismo aún no fue demostrado en pacientes alérgicos a proteínas de cereales.

L. casei CRL 431, cepa probiótica presente en la LECHE BIO®, puede provocar una regulación negativa en un proceso alérgico modulando el **balance linfocitos Th1/ Th2**, que es fundamental en la regulación de la síntesis de IgE mediante la liberación de citoquinas (36).

Disminución del riesgo de Enterocolitis Necrotizante Neonatal (ECN)

La alimentación del recién nacido con leche materna constituye una protección eficiente contra diferentes tipos de infecciones. La protección está mediada por la presencia de anticuerpos y células inmunocompetentes, así como por factores bioactivos (oligosacáridos, enzimas, hormonas, factores de crecimiento y citoquinas) que participan en la maduración de diferentes estirpes celulares inmunocompetentes. De los anticuerpos presentes en el fluido materno, la IgA representa la mayor proporción. Esta inmunoglobulina secretora inhibe la translocación de bacterias causantes de infecciones intestinales evitando la bacteriemia y la enterocolitis necrotizante (37). Esta última patología afecta principalmente al recién nacido prematuro y se caracteriza por una necrosis en la mucosa o las capas más profundas del colon y del intestino delgado proximal provocada por una superpoblación de bacterias Gram negativas (*E. coli*, *Klebsiella* sp. y *Enterobacter* sp.) en el duodeno (38).

Estudios realizados en modelos experimentales animales indican que el suplemento por vía oral de *B. infantis* o *Saccharomyces bouladii* reducen los riesgos de desarrollar la enfermedad. Dos posibles mecanismos estarían involucrados en el efecto protector: i) la exclusión competitiva del patógeno debido a la colonización del intestino por la bacteria probiótica; ii) la inhibición de los mediadores pro-inflamatorios a nivel intestinal (39, 40).

Conclusión

Los efectos promotores potenciales para la salud adjudicados a las BAL - probióticos por excelencia- debido a sus propiedades inmunomoduladoras, antagónicas de patógenos gástricos e intestinales e hipolipemiantes, entre otras, han promovido en los últimos años una activa investigación científico-tecnológica con el objeto de optimizar los procesos de elaboración de alimentos funcionales fermentados conteniendo este tipo de cultivos, a. Así como, poder comprender los mecanismos por los cuales ejercen sus efectos benéficos. Todo este conocimiento permitirá el uso de estos bio-reguladores de manera segura y efectiva.

Referencias

1. Mollet B, Rowland I, 2002. Functional foods: at the frontier between food and pharma. *Current in Opinion and Biotechnology* 13:483-5
2. Gibson GR, Fuller R, 2000. Aspects of in vitro and in vivo research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. *Journal of Nutrition* 130(2S Suppl):391S-395S.
3. Saarela M, Mogensen G, Fondén R, Matto J, Mattila-Sandholm T, 2000. Probiotic bacteria: safety, functional and technology properties. *Journal of Biotechnology* 84: 197-215.
4. Vinderola C.G., Prosello W., Ghiberto D. and Reinheimer J. (2000). Viability of probiotic (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei*) and nonprobiotic microflora in argentinian Fresh cheese. *Journal of Dairy Science* 83: 1905-1911.
5. Kristo E, Biliaderis C, Tzanetakis N, 2003. Modelling of rheological, microbiological and acidification properties of a fermented milk product containing a probiotic strain of *Lactobacillus paracasei*. *International Dairy Journal* 13: 517-528.
6. Medici M, Vinderola CG, Perdígón G, 2004. Gut mucosal immunostimulation by probiotic fresh cheese. *International Dairy Journal* 14: 611-618.
7. Kolars JC, Levitt MD, Aouji M, Savaiano DA, 1984. Yoghurt-an autodigesting source of lactose. *New England Journal of Medicine* 310:1-3.
8. Garvie EI, Cole CB, Fuller R, Hewitt D, 1984. The effect of yoghurt on some components of the gut microflora and on the metabolism of lactose in the rat. *Journal Applied of Bacteriology* 56:237-245.
9. Barth CA, Kuhn C, Titze A, Lorenz A, de Vrese M, 1996. Lactose intolerance-importance of viability of lactobacilli in fermented milk products. In "Proc. Of Symp. Dairy Microorganism as Probiotics". Potsdam, Germany.
10. Perdígón G, Maldonado-Galdeano C, Valdez J, Medici M, 2002. Interaction of lactic acid bacteria with the gut immune system. *European Journal of Clinical Nutrition* 56(4):21-26.
11. Perdígón G, Medina M, Vintiñi E, Valdez J, 2000. Intestinal pathway of internalization of lactic acid bacteria and gut mucosal immunostimulation. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology* 13: 141-150.
12. Adolfsson O, Nikbin Meydani S, Russell R, 2004. Yogurt and gut function. *American Journal of Clinical Nutrition* 80: 245-256.
13. Vinderola C., Perdígón G., Reinheimer J., Medici M., Prosello W. y Ghiberto D. (2003). Bioqueso Ilolay Vita: un nuevo queso probiótico con alta respuesta sobre el sistema inmune. *Industria Láctea Española* 34-48.

14. Isolauri E, Majamaa H, Arvola T, Rantala I, Virtanen E, Arvilommi H, 1993. Lactobacillus casei GG reverses increased intestinal permeability induced by cow milk in sucking rats. *Gastroenterology* 105:1643-1650.
15. Erkelens DW, Baggen MGA, Van Doormeal JJ, Kettner M, Koningsberger JC, Mol MJTM, 1988. Clinical experience with simvastatin compared with cholestyramine. *Drugs*. 39 (Suppl.): 87-92.
16. Hofman AF, 1989. The enterohepatic circulation of bile acids in health and disease. pp. 144-161. In: Sleisinger MH, Fordtran JS (eds) *Gastrointestinal diseases. Pathophysiology, Diagnosis, management*. W.B. Saunders Company, New York.
17. Mann GV, Spoerry A, 1974. Studies of a surfactant and cholesterolemia in the Maasai. *American Journal Clinical of Nutrition* 27:464-469.
18. Massey L, 1984. Effect of changing milk and yoghurt consumption on human nutrient intake and serum lipoprotein. *Journal of Dairy Science* 67:255-262.
19. Hepner G, Fried RST, Jeor S, Fusetti L, Morin R, 1979. Hypocholesterolemic effect of yogurt and milk. *American Journal of Clinical and Nutrition* 32:19-24.
20. Rao DR, Chawan CB, Pulusani SR, 1981. Influence of milk and thermophilus milk on plasma cholesterol levels and hepatic cholesterogenesis in rats. *Journal of Food Science* 46: 1339-1341.
21. Rodas BZ, Gilliland SE, Maxwell CV, 1996. Hypocholesterolemic action of Lactobacillus acidophilus ATCC 43121 and calcium in swine with hypercholesterolemia induced by diet. *Journal of Dairy Science* 79:2121-2128.
22. Taranto MP, Medici M, Perdigón G, Ruíz Holgado AP, Valdez GF, 1998. Evidence for hypocholesterolemic effect of Lactobacillus reuteri in hypercholesterolemic mice. *Journal of Dairy Science* 81:2336-2240.
23. Taranto MP, Medici M, Perdigon G, Ruiz Holgado AP, Valdez GF, 2000. Effect of Lactobacillus reuteri on the prevention of hypercholesterolemia in mice. *Journal of Dairy Science* 83:401-403.
24. El-Gawad I, El-Sayed EM, Hafez SA, El-Zeini HM, Saleh FA, 2005. The hypocholesterolaemic effect of milk yoghurt and soy-yoghurt containing bifidobacteria in rats fed on a cholesterol-enriched diet. *International Dairy Journal* 15: 37-44
25. Gilliland SE, Nelson CR, Maxwell C, 1985. Assimilation of cholesterol by Lactobacillus acidophilus. *Applied and Environmental Microbiology* 49: 377-381.
26. Klaver FAM, Van der Meer R, 1993. The assumed assimilation of cholesterol by lactobacilli and Bifidobacterium bifidum is due to their bile salt deconjugating activity. *Applied and Environmental Microbiology* 59:1120-1124.
27. Taranto MP, Sesma F, Ruíz Holgado AP, Valdez GF, 1997. Bile Salts Hydrolase Plays a Key Role on Cholesterol Removal by Lactobacillus reuteri. *Biotechnology Letters*. 19: 845-847,
28. Lim H, Kim S, Lee W, 2004. Isolation of cholesterol-lowering lactic acid bacteria from human intestine for probiotic use. *Journal of Veterinary Science* 5: 391-395.
29. Cats A, Kuipers E, Bosschaert M, Post R, Vanderbroucke-Grauls C, Kusters J, 2003. Effect of frequent consumption of a Lactobacillus casei-containing milk drink in Helicobacter pylori-colonized subjects. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics* 17: 429.

30. Sgouras D, Maragkoudakis P, Petraki K, Martinez-González B, Eriotou E, Michopoulos S, Kalantzopoulos G, Tsakalidou E, Mentis A, 2004. In vitro and In vivo inhibition of *Helicobacter pylori* by *Lactobacillus casei* Strain Shirota. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 518-526
31. Aiba Y, Nobuyuki Suzuki M, Abu M, Kabir M, Atushi M, Yasuhiro M, 1998. Lactic acid-mediated suppression of *Helicobacter pylori* by the oral administration of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in a Gnotobiotic murine model. *The American Journal of Gastroenterology* 93: 2097-2101.
32. Uchida M, Kurakazu K, 2004. Yogurt containing *Lactobacillus gasseri* OLL 2716 exerts gastroprotective action against acute gastric lesion and antral ulcer in rats. *Journal of Pharmacology Science* 96: 84-90.
33. Rosenfeldt V, Michaelsen KF, Jakobsen M, Larsen CN, Moller PL, Tvede M, Weyrehter H, Valerius NH, Paerregaard A, 2002. Effect of probiotic *Lactobacillus* strains on acute diarrhea in a cohort of nonhospitalized children attending day-care centers. *Pediatric. Infection Disease Journal* 21:417-419.
34. Alam NH, Ashraf H, 2003. Treatment of infectious diarrhea in children. *Pediatric Drugs* 5:151-165.
35. Laiho K, Ouwehand A, Salminen S, Isolauri E, 2002. Inventing probiotic functional foods for patients with allergic disease. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 89(6):75-82.
36. Fontenla de Petrino S, Bibas Bonet ME, Mesón O, Perdigón G, 2002. The effect of *Lactobacillus casei* on an experimental model of atopy. *Food and Agricultural Immunology* 14: 181-189.
37. Castro A, Porras Villalobo M, 2003. La protección de leche materna a los recién nacidos. Una visión actualizada. *Revista Mejjcana de Pediatría* 70: 27-31.
38. Hoy C, Wood C, Hawkey P, Puntis W, 2000. Duodenal microflora in very-low-birth-weight neonates and relation to necrotizing enterocolitis. *Journal of Clinical Microbiology* 38: 4539-4547.
39. Caplan M, Miller-Catchpole R, Kaup S, Russell T, Lickerman M, Amer M, Xiao Y, Thomson R, 1999. Bifidobacterial supplementation reduces the incidence of necrotizing enterocolitis in a neonatal rat model. *Gastroenterology* 117: 577-583.
40. Akisu M, Baka M, Yalaz M, Huseyinov A, Kultursay N, 2003. Supplementation with *Saccharomyces boulardii* ameliorates hypoxia/reoxygenation-induced necrotizing enterocolitis in young mice. *European Journal of Pediatric Surgery* 13: 319-323.

*Dra. Graciela Font de Valdez, Investigador Principal CONICET, Laboratorio de Tecnología, Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA/CONICET), Chacabuco 145, T4000CNK, Tucumán, Argentina. E-mail: gfont@cerela.org.ar.

Dra. María Pía Taranto, Investigador Asistente CONICET, Laboratorio de Tecnología y Genética, CERELA/CONICET. E-mail: ptaranto@cerela.org.ar.

Dra. Marta Médici, Investigador, Profesional de Apoyo, Cepario, Laboratorio de Tecnología, CERELA/CONICET. E-mail: mmedici@cerela.org.ar.

La globalización y el renacimiento de las enfermedades infecciosas

Celia E. Coto *

Departamento de Química Biológica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA.

Resumen: El paradigma de la emergencia y reemergencia de las enfermedades infecciosas se evidenció en 1992. Esta situación es una consecuencia de varios factores, entre ellos, las actividades del hombre relacionadas con el comercio internacional, la intrusión en la ecología de zonas selváticas y la aparición de microorganismos resistentes a las drogas o a los antibióticos.

Los viajes comprenden varias maneras de relocalización geográfica de las personas tales como: la migración de los trabajadores y refugiados dentro de un mismo país (zona rural a zona urbana) o entre países. También se incluye el turismo, viajes de aventura y de negocios. Estos viajes globales se han facilitado por el transporte en jets comerciales que permiten que una persona infectada en una región, donde la enfermedad es prevalente, sea transportada en uno o dos días a otro lugar donde dicha enfermedad es exótica antes de que se evidencie la sintomatología. La emergencia de las enfermedades infecciosas es en la actualidad un fenómeno global en el que intervienen en forma muy activa los animales, especialmente los monos, y cambios en la manufactura de productos alimenticios.

Global Trade and Emerging Infectious Diseases

Summary: The paradigm of emergence and reemergence of infectious diseases was brought forward in 1992. Several factors related to human activity like global trade, changes in the ecology of selvatic areas and drug and antibiotic resistant of microorganisms are involved.

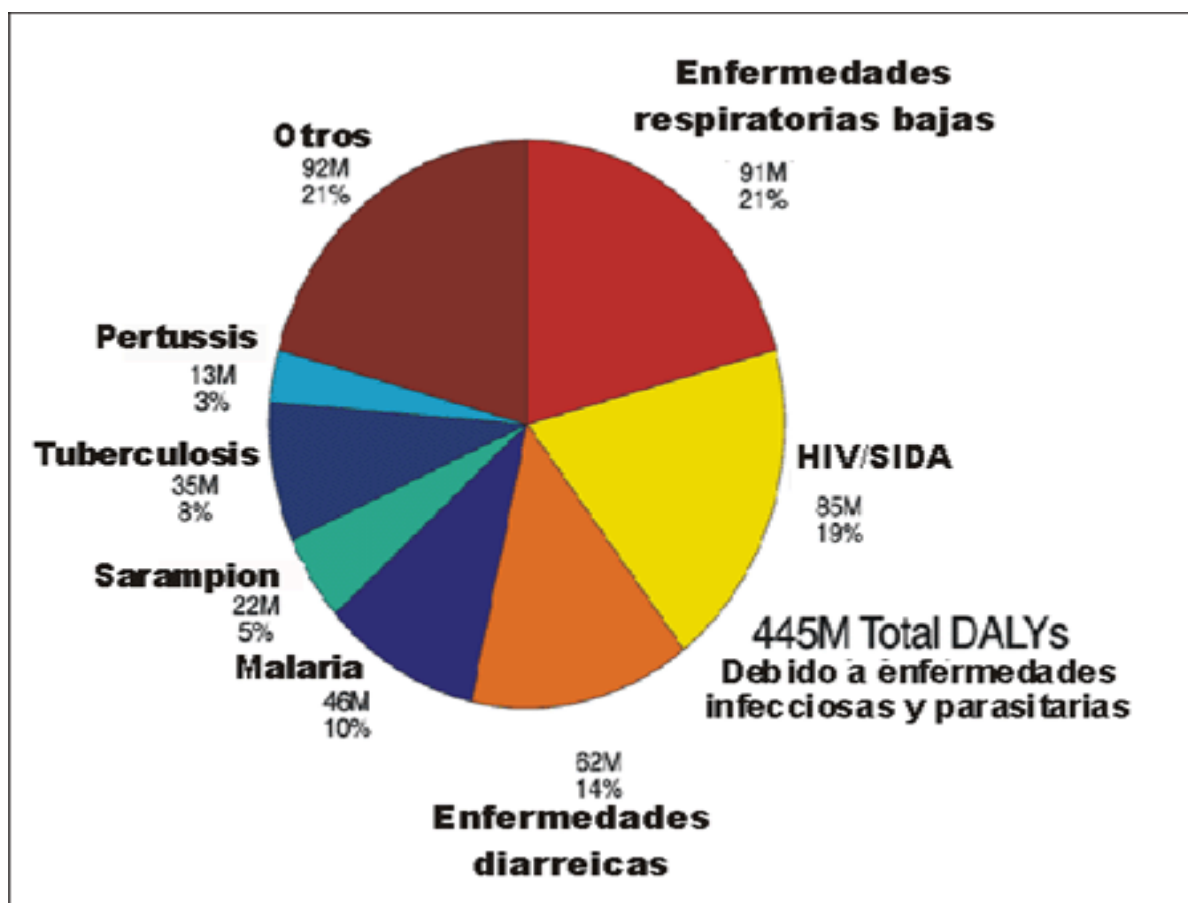
Travel encompasses several forms of human geographic relocations, such as the migration of workers and refugees within countries (rural/urban) and between countries, as well as travel for tourism, relief work, or business. Global journeys have been made easier and faster through commercial jet airplane travel. Rapid transit enables persons infected in one region of the world where a given disease is prevalent to be transported within a day or two to another region of the world where that disease is exotic and rarely seen, before developing symptoms of illness. The emergence of infectious diseases is at present a global phenomenon their incidence threatens to increase in the near future.

Situación actual

Los avances en la prevención y el tratamiento de las enfermedades infecciosas a lo largo del siglo XX provocaron una victoria notable del hombre en su lucha contra el mundo microbiano. Como consecuencia, se dieron por superadas las batallas contra muchas enfermedades devastadoras como la viruela, el cólera, la tuberculosis, la fiebre amarilla o el paludismo. A la vez que en el horizonte cercano se visualizaba la erradicación de la poliomielitis, el sarampión y la rubéola.

Los microorganismos, sin embargo, no son tan fáciles de vencer porque en ellos los procesos evolutivos se cumplen rápida e inexorablemente otorgándoles una plasticidad única para adaptarse a nuevas situaciones. Así, los virus sometidos a la presión de los anticuerpos mutan a otras formas virulentas capaces de evadir la respuesta inmune y lo mismo ocurre con las bacterias que se vuelven resistentes a los antibióticos o los parásitos a las drogas. Si a este proceso natural que opera en los microorganismos se suman otros factores derivados de los cambios ocurridos en las actividades humanas en los últimos veinte años, encontramos que los microorganismos han pasado nuevamente a la ofensiva. El fenómeno de la emergencia y reemergencia de las enfermedades infecciosas se evidencia en los años 90 y al día de hoy continúa vigente.

Las infecciones son la segunda causa de muerte después de las enfermedades cardiovasculares, un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) consigna que sobre un total de 57 millones de muertes ocurridas en el mundo en 2002, alrededor de 15 millones, algo más del 25%, son causadas por microorganismos, incluidos los parásitos (1). Las enfermedades infecciosas no son siempre mortales, pero pueden comprometer seriamente la salud. Su efecto invalidante se cuantifica mediante el índice DALY, sigla inglesa por *disability-adjusted life year*, on el significado de que un (1) DALY equivale a un año de salud perdida. Las enfermedades infecciosas contribuyen al nivel mundial con el 30% del total de las unidades DALY. Como se puede observar en la figura 1, enfermedades conocidas desde la antigüedad como la tos convulsa, la malaria, la tuberculosis y el sarampión aportan casi el 26% de las DALY. El SIDA causado por el virus HIV, emergido en 1981, aporta el 19% seguido por las enfermedades respiratorias entre las que se encuentran principalmente Influenza y el síndrome respiratorio agudo severo (SARS) originado por un coronavirus (1).



Número total de DALY debidas a enfermedades infecciosas y parasitarias. Otras/ tos convulsa/tuberculosis/sarampión/malaria/enfermedades diarreicas/HIV/SIDA

Dentro del panorama actual de las enfermedades infecciosas se pueden distinguir varias situaciones como la aparición de nuevos agentes patógenos para el hombre, en general virus, que provienen de otros mamíferos. La reemergencia de enfermedades conocidas cuya incidencia había descendido en forma notable como, por ejemplo, la tuberculosis y por último, la emergencia en países del primer mundo de enfermedades conocidas importadas de países en los que la enfermedad es endémica. El paradigma de la globalización es el principal responsable de esta última situación

Seguramente los mentores de la globalización sólo pensaron en el beneficio económico que el intercambio comercial traería a los países centrales. Pero, de modo paradójico, la misma globalización ha servido de rasero mundial en lo que se refiere a las enfermedades infecciosas y lo que antes se conocía como infecciones propias de países en desarrollo al día de hoy se las puede encontrar en el corazón de Manhattan o en el centro de París.

Viajes internacionales y comercio

En el diccionario de la Real Academia Española el término globalización se define como la tendencia de los mercados y de las empresas a extenderse, alcanzando una dimensión mundial que sobrepasa las fronteras nacionales. Sin embargo, en un sentido más amplio, se entiende por globalización un conjunto de procesos económicos, culturales y sociales (2). De acuerdo con Sholte, 1997 (3), hay una tendencia general a discutir sólo los cambios políticos resultantes de la globalización sin ahondar demasiado en otro tipo de consecuencias directas e indirectas derivadas de ella.

Desde el punto de vista de la salud, interesan las consecuencias del intercambio comercial entre países geográficamente ubicados a miles de kilómetros de distancia, lo que ha provocado un incremento en el número de viajes internacionales de las personas y del transporte a distancia de mercadería o productos sin manufacturar. La situación económica de la población mundial también está relacionada con los viajes que en el término de veinticuatro horas acercan cualquier enfermedad desde un extremo a otro del planeta. Es notable el hecho de que, tanto el flujo de la pobreza hacia la riqueza como la situación contraria, tengan consecuencias similares. La inmigración a los países centrales desde países endémicos constituye una fuente importante de diseminación microbiana, a la par que muchas personas pudientes provenientes de países ricos viajan por razones de turismo a zonas exóticas selváticas donde se infectan.

Una infección relacionada con el intercambio comercial se define acorde con alguna de las siguientes características (4):

1. Es el resultado de cambios en el escalamiento industrial de un producto en respuesta a la competencia extranjera o con el fin de competir en mercados extranjeros (por ejemplo: utilización de procesos más acelerados para el mezclado de productos humanos o animales) tal como ocurrió en la emergencia de E.coli 0157H, HIV (virus de la inmunodeficiencia humana) y la nueva variante de la enfermedad priónica de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (CJ) (nvCJD).
2. Es una enfermedad infecciosa transmitida a un área geográfica mayor ya sea por medio del transporte o intercambio comercial.
3. Es una enfermedad que causa una interrupción en el intercambio comercial de significativo impacto económico.

Existen varios ejemplos ilustrativos de las enfermedades derivadas del intercambio comercial. Si bien el SIDA causado por el virus HIV se transmite por relaciones sexuales, fue muy importante para la extensión de la epidemia en sus inicios la preparación del factor sanguíneo VIII liofilizado a partir de plasma contaminado con el virus. Así fue como se contagiaron numerosos hemofílicos y otras personas necesitadas del factor. En forma similar, en 1997, se registraron en Estados Unidos y Canadá numerosos casos de infección con *Cyclospora cayetanensis*, un parásito intestinal humano causante de diarreas severas, la fuente de la infección fueron frutillas contaminadas importadas desde Guatemala. Una vez ubicada la fuente, las infecciones cesaron. Otro ejemplo inquietante lo constituyó la aparición en la década del 90 de varios casos de enfermedad de CJ en personas jóvenes en el Reino Unido. Los estudios epidemiológicos sugirieron que la fuente fue el consumo de carne contaminada con la enfermedad conocida como la "vaca loca", enfermedad causada por un prión, cuyo nombre científico es "Encefalopatía espongiforme bovina (BSE)". Se ha hipotetizado que la infección de los animales se debió a un cambio en su alimentación con huesos, tendones y otros productos provenientes de ovejas enfermas con Scrapie, otra enfermedad priónica. El mercado internacional de carnes se vio sacudido por esta situación, aparentemente la enfermedad se ha controlado por el cambio en la alimentación de los animales y destrucción de los ejemplares enfermos (4).

En cuanto a los viajes internacionales, son un factor preocupante porque una persona puede infectarse y no mostrar síntomas, pero una vez arribada a su país convertirse inesperadamente en un foco de infección. Sin embargo, no sólo la globalización y los viajes son los desencadenantes de la situación actual, hay otros factores coadyuvantes que no vamos a analizar aquí pero que se presentan en el listado del cuadro 1 (5).

Cuadro 1. Factores involucrados en la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas*.

- Cambios en la conducta sexual del hombre.
- Avances tecnológicos que permiten detectar la presencia de microorganismos (m.o) sin tener que recurrir a su cultivo y aislamiento.
- El uso indiscriminado de antibióticos.
- La existencia de numerosas personas inmunosuprimidas.
- La adquisición de factores de virulencia para el hombre de m.o que habitualmente conviven con los animales.
- El poder de adaptación y variabilidad de los m.o que les permite su supervivencia.
- Cambios producidos por el hombre que modifican el ecosistema.
- La construcción de viviendas linderas a los bosques que permiten el contacto con animales no domésticos.
- La introducción en el hogar de animales mascotas no tradicionales, portadores de gérmenes desconocidos.
- La ingestión de alimentos de origen animal (marinos o terrestres) no cocidos suficientemente.

- Falta de cumplimiento de las medidas de salud pública.

* Tomado de referencia 5.

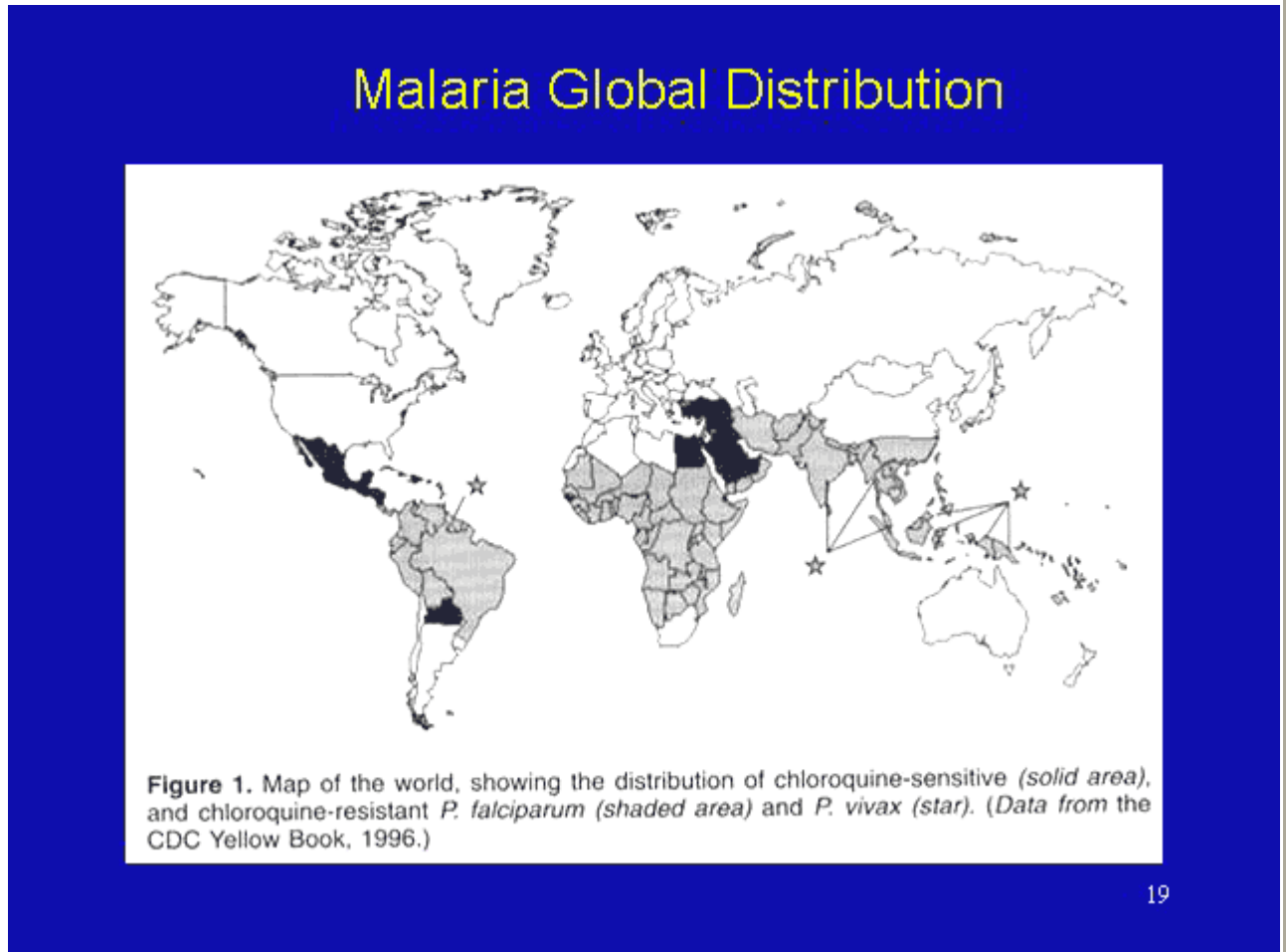
Situación al día de hoy

El virus **HIV/SIDA** ha causado la muerte de más de 20 millones de personas en el mundo y se estima que actualmente unos 40 millones individuos conviven con el virus. No existe una vacuna eficaz y hasta ahora los enormes esfuerzos dirigidos a su obtención han fracasado. Se dispone, en cambio, de un tratamiento combinado de drogas que prolonga la vida de los enfermos, esta terapia conocida como HAART (*highly active antiretroviral therapy* [terapia antiretroviral muy activa]) está disponible en países desarrollados. Por dicha razón en Europa y Estados Unidos la mortalidad por SIDA ha disminuido en un 80%. Sin embargo, debido a que el tratamiento es muy caro, sólo muy pocas personas se han beneficiado en los países pobres de África y otras regiones del mundo (6).

La **malaria**, a diferencia del SIDA, es una enfermedad conocida desde la antigüedad. Esta enfermedad (malaria del italiano mal-aire) fue descrita en China hace 4000 años atrás y viene asolando al mundo desde entonces (7). Cada año se enferman con malaria aguda más de 300 millones de personas con el resultado de un millón de muertes por año. La malaria, conocida también como paludismo, es endémica en gran parte del continente africano, el sur de Asia y desde el norte de Argentina hasta México. La malaria es transmitida por *Plasmodium*, parásitos unicelulares que se alojan en los glóbulos rojos y son transmitidos por mosquitos. En la transmisión intervienen cuatro especies de plasmodios: *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* y *P. ovale* mientras que el mosquito transmisor es el *Anopheles gambiae*. En 1946 se demostró que la cloroquina (7), una droga de síntesis, es eficaz contra la malaria, lamentablemente *P.falciparum* ha mutado a una forma resistente y a pesar de que su genoma ha sido secuenciado y ubicado el gen mutado, nada se ha podido hacer. Lo mismo ocurre con los mosquitos transmisores que resisten a los insecticidas, de ahí el resurgimiento de la malaria como una de las enfermedades infecciosas alarmantes. El mapa de la

figura 2 muestra la distribución de la malaria resistente a cloroquina, como se puede observar, gran parte del continente africano y de América del Sur están infestados con mosquitos que portan las cepas resistentes.

Distribución mundial de la malaria



Mapa del mundo que muestra la distribución de cepas cloroquina-sensible de *P. falciparum* (zonas oscuras) y de cepas cloroquina-resistentes (zonas grisadas). Las estrellas indican la presencia de *P. vivax*.

La **Tuberculosis** (TB), al igual que la malaria, es una antigua enfermedad causada por la bacteria *Micobacterium tuberculosis* que ha reemergido recientemente y se estima que prevalece en un tercio de la población mundial. La TB afecta principalmente a las personas infectadas con el virus HIV y, aunque existe una vacuna, ésta no produce una protección duradera. El problema de la TB es el surgimiento de cepas resistentes a los antibióticos usados en su tratamiento lo que ha originado el incremento de esta enfermedad en numerosos países a tal punto que anualmente mueren unos dos millones de personas infectadas (6).

Virus del Oeste del Nilo [West Nile Virus (WNV)] es un RNA virus con envoltura transmitido por mosquitos que pertenece al género *Flavivirus* de la familia *Flaviviridae*. Desde hace mucho tiempo se conoce que es endémico en África, Asia occidental y Medio Oriente. El virus causa encefalitis y emergió en 1999 en Estados Unidos por primera vez en Nueva York. En la actualidad está presente también en México y Canadá. Hasta febrero de 2005 se probaron 1500 compuestos para detectar actividad antiviral, algunos compuestos activos *in-vitro* se están probando en modelos animales. Esta enfermedad, por ahora, no tiene tratamiento específico ni vacuna protectora, la migración de las aves ha sido señalada como medio de transporte del virus (6).

Influenza, el virus de influenza (gripe en español) tiene gran presencia mundial siendo el causante de epidemias anuales y pandemias más esporádicas como las de 1918 (gripe española); 1957 (gripe asiática); 1968 (gripe de Hong Kong) y 1977 (gripe del cerdo) (8). Cada año se infectan en el mundo entre 3 y 5 millones de personas y mueren entre 250 a 500.000 pero cuando se desata una pandemia la cantidad de muertos supera holgadamente a la decena de millones (6).

El virus influenza, a diferencia de otros virus, tiene no sólo al hombre como huésped sino que también infecta a las aves y a otros animales como cerdos, focas y caballos. El virus tiene la capacidad de variar antigénicamente la composición de su envoltura lipídica que contiene dos proteínas conocidas con el nombre de hemaglutinina (HA) y neuraminidasa (NA). La diferencia entre las distintas cepas de virus radica en el tipo de estas proteínas las que se numeran con números arábigos que se combinan entre sí por ejemplo H1N1, H2N2 o H2N3, etc. Así, por ejemplo, la composición de la cepa que produjo la pandemia del año 1918 fue H1N1, la de 1957 H2N2, la de 1968 H1N2 y la de 1977 otra vez H1N1. Las vacunas anuales preventivas se preparan con las cepas predominantes y, por lo tanto, año a año varían los subtipos utilizados. Existen en la actualidad dos situaciones alarmantes, antes de los brotes de influenza en el sudoeste asiático por contagio del virus con aves infectadas se creía que siempre que un virus adquiría virulencia para el humano debía pasar por un cerdo. Aclaremos este concepto, cuando por causalidad un cerdo era infectado por un virus de influenza aviar, se combinaba en el animal con otro virus de influenza que le otorgaba al aviar la capacidad de infectar al hombre. Esta creencia pareció cambiar cuando se produjo la aparición de una cepa de influenza aviar H5N1 que mató a miles de aves. Esta cepa de virus infectó a humanos en estrecho contacto con las aves y desde enero de 2004 ha enfermado a 55 personas de las cuales han muerto 42. Por ahora no hay certeza de que este virus pueda contagiarse de humano a humano, pero se ha convertido en la pesadilla de los investigadores que, al igual que modernos Nostradamus, esperan la aparición de una nueva pandemia ya que desde la última han pasado casi 30 años.

Difícil de clasificar

Los científicos tendemos a simplificar los hechos buscando parámetros, propiedades o mecanismos comunes que permitan clasificarlos cualquiera sea su naturaleza. Lo ocurrido hace pocos días con una muestra de virus Influenza cuyo destino era ser usada como muestra patrón para validar los aislamientos de virus en los laboratorios de todo el mundo es, por ahora, difícil de encasillar. Puede ser el resultado de la globalización, un acto bioterrorista o un producto de la ineficiencia de los profesionales involucrados. Afortunadamente, el 26 de marzo pasado el Laboratorio de Microbiología de Winnipeg, Canadá, informó (9) que las muestras enviadas por un productor norteamericano a miles de laboratorios en todo el mundo, incluido Estados Unidos, contenía virus Influenza del tipo H2N2, el mismo virus causante de la pandemia de 1957. Puesto que esta cepa no infecta al hombre desde 1969 y no se incluye en la fórmula de la vacunas, los menores de 37 años se encuentran sin ninguna protección ante ella. Informada la OMS, ha emitido un comunicado pidiendo que todas las muestras sean destruidas. Pero, desafortunadamente, dos han escapado al escrutinio y nada se sabe de ellas.

Podremos tener teléfonos que quepan en la palma de la mano, que saquen fotos, envíen mensajes y emitan música, pero en la lucha contra el mundo microbiano parece que seremos siempre aprendices.

Bibliografía

- 1) World Health organization. The world health report 2004-changing history. Geneva.: the Organization; 2004.
- 2) Shaw, Martin. 1999. War and globality: the role and character of war in the global transition. Ho-Won Jeong, ed., *The New Agenda for Peace Research*, Ashgate, pp. 61-80. <http://www.sussex.ac.uk/Users/hafa3/warglobality.htm>
- 3) Scholte, Jan Aart. 1997. "Global capitalism and the state", *International Affairs*", 73, 2, 427-52.

4) University of Washington. Seattle Washington. School of Public Health and Community Medicine. Course on Emerging Infections. 2002.

Module 1. The Paradigm of Emergence:

Lecture 1. Ann Marie Kimball "Overview of Surveillance and Emerging Infections". Lecture 3. Elaine Jong "Travel and Emerging Infections"

Lecture 4. Ann Marie Kimball "Trade and Emerging Infections".

<http://depts.washington.edu/eminf/2002>.

5) Coto, Celia E. y de Torres Ramón A. 2005. "Enfermedades infecciosas emergentes". Capítulo 164. Libro de Microbiología Biomédica. Editorial Atlante. Buenos Aires. Segunda edición. En prensa.

6) Fauci, A. S., Touchette, N.A., Folkers, GK- 2005 "Emerging Infectious Diseases: a 10-Year perspective from the National Institute of Allergy and Infectious Diseases. Emerging Infectious Diseases. www.cdc.gov/eid. vol 11, 4, 519-525.

7) CDC. The History of Malaria, an Ancient Disease.

<http://www.cdc.gov/malaria/history/index.htm>

8) Flint, S.J. y colab. 2000. En "Principles of Virology" Chapter 15: "Pattern of infection a delicate Balance" pag. 530. ASM Press.Washington ISBN 1-55581-127-2.


9) Manitoba News: Winnipeg lab identifies dangerous flu samples

Last Updated Apr 13 2005 08:49 AM CDT [CBC News](http://www.cbc.ca)

<http://winnipeg.cbc.ca/regional/>

* Profesora titular consulta.

virocoto@qb.fcen.uba.ar

 **QuímicaViva**
ISSN 1666-7948
www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

Revista **QuímicaViva**
Número 1, año 4, mayo 2005
quimicaviva@qb.fcen.uba.ar