

## ARTÍCULOS ORIGINALES

### LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y SUS PROYECCIONES EN LAS CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICAS

**Prof. Dr. Mario Sapag – Hagar\***

Universidad de Chile

*Mi fácil éxito comprueba una vez más que las ideas no se muestran fecundas con quienes las sugieren o aplican por primera vez, sino con los tenaces que las sienten con vehemencia, y en cuya virtualidad ponen toda su fe, todo su amor. Las conquistas científicas son creaciones de la voluntad y ofrenda de la pasión.*

*(Santiago Ramón y Cajal)*

La Medicina de hoy y sus dos grandes aliadas, las Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, se van haciendo cada vez más científicas y moleculares a través de la aplicación del método científico experimental en un esfuerzo creciente por abandonar los aspectos empíricos que aún persisten.

Analizaremos primero algunos aspectos generales de la investigación científica para luego abordar las que consideramos sus principales proyecciones en las Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas para el siglo que se inicia.

---

\* Vicerrector de Asuntos Académicos y Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.  
Miembro Correspondiente de la Real Academia de Farmacia del Instituto de España.  
Miembro de la Academia de Ciencias Farmacéuticas de Chile.  
Miembro Correspondiente de la Academia Peruana de Farmacia

## INTRODUCCIÓN

Los hombres que tienen en el saber científico su más profunda vocación buscan, sin cesar, verdades nuevas como si lo que día a día van poseyendo alimentara su saber pero no lo saciara. La mente del hombre se ve, pues, obligada a moverse sin descanso como buscando lo absoluto apoyándose en sus dos más grandes logros: la descripción racional de la naturaleza y la creación del razonamiento deductivo, acompañados ambos de las tácticas que cada problema requiere. Así se mueve sin descanso la investigación científica, consciente de la precariedad del saber adquirido por referirse a una parcela y un aspecto del todo que el mañana irá indefinidamente haciendo crecer con evidencias más hondas y satisfactorias, más “verdaderas”.

Laín Entralgo afirma que “la evidencia más genial nunca pasa de ser un relámpago en la oscuridad o en la penumbra de la vida cotidiana. La posesión del saber, inexorablemente precaria, se ve así forzada a llevar consigo los dos sentimientos que la precariedad siempre suscita: una inconformidad más o menos resignada y humilde y una inquietud más o menos animosa y activa. Quien jamás haya experimentado esto en su alma, no podrá afirmar con plena verdad que es hombre de ciencia”.

La posesión de una verdad parcial y la pretensión de una verdad integral y absoluta son las características de la

aprobación personal del saber científico, acompañándose la pretensión de alcanzar su integridad de dos actitudes del investigador: la esperanza del descubrir el valor del “ahora” y la desesperanza de alcanzar la verdad absoluta, el fundamento último de la realidad física e histórica. Estos dos asombros de la investigación científica, el logro parcial y la posibilidad de la verdad final, suscitan de continuo una investigación ulterior, una nueva ventana abierta hacia el fundamento de lo real, un desafío para el espíritu inquisitivo e inquieto del hombre, la ocasional y gustosa garantía de que es posible al hombre existir en plenitud intelectual. Tal sería la significación última de ese “regusto, como estelar, de eternidad” que según la espléndida frase de Ortega conceden las ocupaciones en que uno cumple su vocación personal (Laín).

En cuanto a la proyección e importancia de la investigación científica a nivel institucional y de país, existe consenso general de que los organismos y países que evolucionan hacia economías competitivas frente al reto de la globalización mundial, deben otorgar una fuerte atención a la investigación científica, tecnológica y creativa que se desarrolla en el país. En los países latinoamericanos, en que cerca del 90% de la investigación se lleva a cabo en las universidades, corresponde a éstas una principal responsabilidad para asegurar el progreso social y económico de esos países a través de la investigación científica y tecnológica.

No podemos, tampoco, olvidar la relevancia de la investigación en la docencia, a la cual debe estar ligada, pues la investigación para ser perceptible, clara y formadora, necesita conectarse con la enseñanza.

Por otra parte, una Universidad en la cual sólo se enseña, se abandona a la rutina y se convierte en una expendedora de títulos oficiales. La investigación impide que la docencia y los estudios universitarios se conviertan en ejercicios pasivos, repetitivos o carentes de crítica.

La investigación es libertad y las personas en libertad y en un ambiente favorable siempre producen algo. Por eso la docencia debe compartir esos espacios de libertad junto a la investigación. Sólo una ciencia de creación y no de imitación nos hará auténticamente libres.

## LAS BASES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

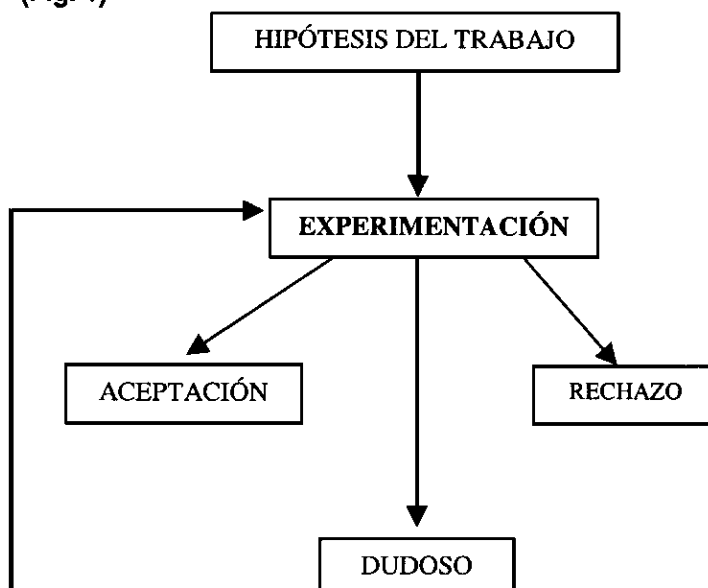
El método científico, fundamento de cualquier planteamiento de investigación, junto con la información científica mundial precedente y la publicación de los resultados, constituyen los tres pilares de toda investigación científica en el campo de las Ciencias Biomédicas.

El método científico tiene a la experimentación como su elemento central, la cual va precedida de la correspondiente hipótesis de trabajo que la experimentación debe validar o rechazar (Fig. 1). La hipótesis debe ser creativa, prometedora y representar una idea significativa susceptible de ser probada y cuyo desarrollo debe ser razonado.

### EL MÉTODO CIENTÍFICO

#### LA EXPERIMENTACIÓN COMO ELEMENTO CENTRAL

(Fig. 1)



Estos mismos principios rigen para las dos categorías, básica y aplicada, en que arbitrariamente se han dividido estas ciencias. La diferencia sólo estriba en que la investigación básica tiene por finalidad adquirir conocimientos que sean de utilidad para comprender la organización y funcionamiento del cuerpo humano y su beneficio para la salud, en tanto que la investigación aplicada se lleva a cabo para resolver un problema biomédico o médico específico de modo que los resultados puedan aplicarse de manera directa o inmediata a dicho problema clínico. Ambas categorías pueden, a su vez, comprender una investigación experimental en animales, o clínica efectuada en pacientes humanos.

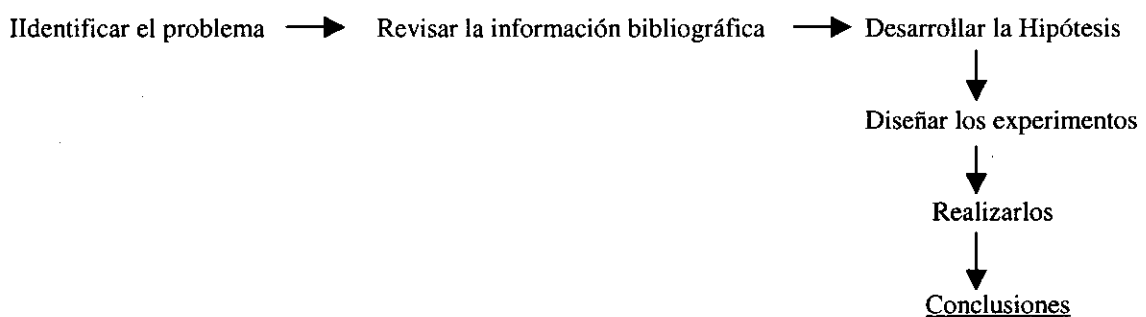
Es bueno, sin embargo, tener siempre presente que la Ciencia es una sola, por

lo que es más conveniente hablar de Ciencia y aplicaciones de la Ciencia que de ciencia Básica y Aplicada, aún cuando debamos reconocer el valor práctico y extendido de esta división arbitraria.

Investigar es hacer conocido lo desconocido, es descubrir cosas. No es lo mismo que publicar trabajos o pensar que es un buen científico quien tiene muchas publicaciones a su haber. La ciencia incluso retrocede cuando algunos científicos o pseudocientíficos publican lo que no se debería publicar porque más bien confunde, por ser dudosos sus resultados o de poco rigor la experimentación, o débil la hipótesis que los sustenta.

Sólo sirven para hacer crecer el curriculum pero no el conocimiento.

### ETAPAS EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



### CUALIDADES PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Lo más importante es la curiosidad, el afán de descubrir, la emoción de ver por primera vez lo que nadie había visto. La cosa curiosa contiene un problema a resolver, a diferencia de la cosa novedosa

que sólo es novedad pero no problema. Ser curioso de problemas mueve a la inteligencia a resolverlos. Darwin solía insistirle a su hijo Horace que el arte de investigar consiste en buscar

insistentemente, y por hábito, las causas y significado de todo lo que ocurre. (ejemplos clásicos son el descubrimiento de la gravedad por Newton y el de la penicilina por Fleming).

Otras cualidades muy deseables para la investigación científica son: la ambición honesta de ser el primero en llegar a la meta (Ej.: el descubrimiento de la doble hélix del DNA por Watson y Crick) o de experimentar la emoción de ver lo que nadie antes había visto y no la ambición de fama o prestigio, la dedicación o perseverancia para alcanzar un objetivo; la creatividad, que se cultiva ejercitándose en tener muchas ideas mediante el simple expediente de dar vuelo libre a la imaginación.

Para tener buenas ideas hay que tener muchas ideas (Linus Pauling)

### **CÓMO ACOMETER LOS PROBLEMAS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

Hace falta un mínimo de capacidad y preparación intelectual así como un tiempo de dedicación formal, medios mínimos o indispensables y un ambiente adecuado. Pero el principal factor o secreto para alcanzar el éxito radica en descomponer el problema en partes (Descartes) que puedan ser sucesivamente abordables y vencibles, ir por etapas resolviendo las dificultades una a una y no tratar de resolverlo todo de golpe o de frente.

El bioquímico español A. Sols acostumbraba a ejemplarizar esto con la analogía que hacía el físico norteamericano Plat entre la resolución de un problema intelectual y la resolución de un problema de alpinismo. Y en cuanto a la dedicación, recomendaba dedicar con cierta frecuencia sesiones de pensamiento “por libre” al problema entre manos, libre de reloj y de todo y no precisamente en el laboratorio, sino paseando, como hacía Einstein. Además, al transmitir al subconsciente la preocupación por el problema éste contribuirá de alguna manera a su solución, incluso a través del sueño. Es ya clásica la revelación experimental que tuvo el fisiólogo austríaco Otto Loewi durante el sueño y que lo condujo a demostrar en 1920 la comunicación química en el sistema nervioso y el papel en ella de la acetilcolina como neurotransmisor en la regulación de la contracción cardíaca.

### **SELECCIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN**

No es aconsejable competir con los que han abierto un determinado campo de investigación si no se dispone de medios y preparación para ello. Igualmente, al momento de elegir un tema entre varios que suscitan curiosidad, hay que procurar que tenga relevancia científica y, si es posible, una proyección social. Un poco de modestia (dedicarnos a temas que sean solucionables, que estén a nuestro alcance) y un poco de ambición (un término medio en cuanto a relevancia, no trivial) son buenos indicadores.

## CON QUIEN INVESTIGAR

La colaboración es muy importante. En el mundo científico actual no se puede ser autosuficiente.

Hoy no es posible, ni recomendable, investigar en solitario. Uno se inicia y desarrolla más y mejor a la sombra de un maestro (colaboración vertical) y manteniéndose en constante relación con otros grupos de investigación (colaboración horizontal).

## LA ELECCIÓN DEL MATERIAL DE TRABAJO

Muchas veces determina el éxito de la investigación, como ocurrió con Cajal que hizo sus estudios en embriones al advertir que el cerebro adulto era muy complicado al momento de intentar dilucidar el problema de la estructura del tejido nervioso y de la relación interneuronal. Es bien sabido que el éxito obtenido justificó en gran medida el Premio Nobel que se le otorgó.

En principio es recomendable emplear un material que permita fácilmente la comparación con los resultados de otros investigadores del área (*E. coli*, *drosophila*, *rata*). Pero a veces pasa a ser decisivo el empleo de un material específico por las facilidades que ofrece. Por ejemplo, si se necesita hacer estudios en gemelos idénticos el armadillo, que tiene normalmente cuatro gemelos idénticos, es material biológico de elección. O si se desea estudiar embriones se sacará buen partido utilizando marsupiales, en los

cuales el embrión es manejable fuera de la madre, durante una proporción considerable del período de formación. El pez-cebra es, por otra parte, al igual que el hombre y el ratón, un vertebrado pero produce miles de embriones transparentes que permiten al investigador observar cómo se desarrollan el cerebro, corazón y otros órganos. Además, en este último ejemplo, se tiene la ventaja de que los genetistas han creado ya centenares de cepas mutadas que presentan deficiencias o errores en su desarrollo, lo que permitirá en el futuro arrojar luz sobre las causas de las anormalidades del desarrollo embrionario en el ser humano y los genes implicados en ellas.

Otro notable ejemplo es cómo el empleo del axón gigante de calamar abrió campos insospechados a los neurofisiólogos. La disponibilidad del axón gigante de jibia en Chile sentó también las bases del extraordinario desarrollo que experimentó la neurofisiología en ese país en relación a la investigación biomédica en otras disciplinas.

El corolario es que siempre es importante conceder especial relevancia a la selección del material con que se hará una determinada investigación.

## REGLAS PARA TRIUNFAR EN CIENCIA

No basta ser inteligente o tener suerte. Hay que combinar la inteligencia con la voluntad de no seguir los convencionalismos si éstos obstaculizan

nuestro avance en la investigación emprendida.

J.D. Watson hace las siguientes recomendaciones a los jóvenes que desean dedicarse a la investigación científica para tener éxito en ella:

1. Aprender de los triunfadores, de los inteligentes y brillantes.
2. Arriégate, aún cuando debas meterte en grandes dificultades.

3. Ten alguien a quien recurrir, que te apoye y aconseje.

4. Disfruta con lo que haces y permanece conectado con los otros científicos (asiste a reuniones, congresos, etc).

5. Si no puedes soportar estar con tus verdaderos pares, retírate de la vida científica.

## LA UNIVERSIDAD Y LA PROYECCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA EN EL SIGLO XXI: CINCO TEMAS VITALES EN LAS CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y BIOQUÍMICAS.

La Universidad ha desarrollado en la segunda mitad del siglo que acaba de terminar, una progresiva e intensa labor científica en la que las experiencias de excelencia académica y la incorporación actualizada de conocimientos y técnicas en sus laboratorios han pavimentado el camino hacia los grandes desafíos farmacéuticos, bioquímicos y médicos que plantea a sus docentes e investigadores el advenimiento de un nuevo siglo pleno de promesas. Reseñaremos sólo cinco proyecciones en las áreas más relevantes.

Dos grandes temas vitales que se abren, tanto como promesa y como prioridad, en este tercer milenio, son el de la Genética Molecular, con sus derivaciones biotecnológicas y su Proyecto del Genoma Humano, íntimamente ligado al futuro desarrollo de la Ingeniería Genética y a la Terapia Génica, y el tema

de la Ecología (relación hombre – naturaleza). Ambos representan áreas de rápida expansión y caminos prioritarios para la profesión farmacéutica, demandando una satisfactoria inserción en la programación educativa del farmacéutico y del bioquímico. Ambos, también, requerirán de una apropiada consideración y desarrollo de sus implicancias bioéticas por lo que un tercer tema curricular imprescindible para el ejercicio profesional deberá consultar la Bioética Farmacéutica y Bioquímico - Molecular.

Un cuarto tema ineludible, dice relación con la Bioinformática, de creciente aplicación con el advenimiento del uso de los computadores en el estudio de los sistemas biológicos.

Y, por último, habrá que hacer un esfuerzo por **hermanar las Ciencias Bioquímico - Farmacéuticas con las Ciencias Sociales** en la formación de los nuevos profesionales que demandará la sociedad, haciendo del ser humano y del paciente el eje fundamental de todo el progreso científico – tecnológico y del ejercicio profesional.

### LA PROYECCIÓN GENÉTICO – MOLECULAR

A partir de la década de los setenta se puso a punto la tecnología molecular de los ácidos nucleicos (fragmentación con enzimas recombinantes, recombinación – hibridación y secuenciación), cuya aplicación ha supuesto una revolución, no sólo en el campo de la genética en particular (la “nueva Genética”) sino de la Biología en general al permitir aislar cualquier segmento deseado del genoma y modificar los genes aislados mediante mutaciones dirigidas y nuevas asociaciones de los segmentos de ADN (tecnología del ADN recombinante). Esto ha abierto, entre otras, las siguientes posibilidades bioquímico - farmacéuticas:

a) Conocer en detalle todas las regiones de un genoma dado y determinar cuáles genes son anormales, lo cual conduce al uso de nuevos métodos diagnósticos de las enfermedades humanas (base del gran Proyecto de Genoma Humano) y de selección genética de animales y plantas. El diagnóstico de las anormalidades genéticas se está expandiendo

rápidamente más allá de las enfermedades provocadas por un defecto génico puntual para abarcar desórdenes crónicos como diabetes, enfermedad cardiovascular y cáncer, enfermedad de Alzheimer, etc. Desde este punto de vista, todas las enfermedades pueden interpretarse como consecuencia de una interacción entre nuestros.

b) genotipos y el medio ambiente considerado en su sentido más amplio, de tal modo que el variable rango de “penetrancia” (riesgo de enfermar dado un genotipo específico) de los genes de susceptibilidad para las distintas enfermedades crónicas en diferentes poblaciones, pueden ser el resultado de las variaciones en la prevalencia de factores genéticos primarios, factores genéticos interactuantes y factores de riesgo modificables.

Así, en el próximo futuro, la Epidemiología Genética deberá asumir nuevos papeles en la identificación y evaluación a nivel molecular (usando marcadores moleculares específicos) del riesgo de enfermar y la definición de las correlaciones genotipo – fenotipo en diferentes grupos familiares y poblaciones para los miles de genes que están siendo identificados a través del Proyecto de Genoma Humano, lo que pasaría a constituir una suerte de Epidemiología Molecular, verdadera interfase entre la Biología Molecular y la Epidemiología clásica, que combinaría la información

epidemiológica tradicional con la elaborada a partir de marcadores moleculares para evaluar la etiología, distribución y control de las enfermedades familiares y poblacionales.

La Epidemiología constituye la base científica para la práctica de las estrategias de Medicina Preventiva y Salud Pública por lo que los resultados de la Epidemiología Molecular serán utilizados en forma creciente para implementar intervenciones y estrategias en Salud Pública en beneficio de los enfermos crónicos. Los estudios en Epidemiología Molecular deben englobar la participación de profesionales de diferentes disciplinas, particularmente bioquímicos moleculares y químicos farmacéuticos por su amplia formación fisicoquímico – biológica molecular.

- c) Sintetizar grandes cantidades de proteínas (proteínas recombinantes), especialmente para uso farmacéutico, en sistemas libres de células o a través de la transferencia del ADN correspondiente a cultivos celulares o a células aisladas de organismos completos (microorganismos, plantas y animales transgénicos). Estas proteínas ya han comenzado a producirse como fármacos para la preparación industrial de medicamentos, lo cual demandará

nuevas exigencias en la formación de los profesionales para el manejo de los procesos industriales, la regulación y el control analítico de calidad de los productos y la formulación adecuada que exige la estabilidad, conservación, vías de administración absorción y biodisponibilidad de los fármacos polipeptídicos. Los progresos en la administración de este tipo de fármacos están ya comenzando a cambiar la manera en que se trataban muchas enfermedades. Los avances en esta tecnología, acoplados al sostenido progreso en la biotecnología, hará cambiar de manera notable el modo en que se ejerce la medicina. La Universidad deberá asegurar los profesionales capacitados que el país requerirá para beneficio de su población.

- d) Aplicar terapia por transferencia celular, es decir no basada en introducir un gen sino que células completas (fetales troncales ob modificadas genéticamente) capaces de producir las sustancias requeridas para el buen funcionamiento del órgano afectado. Por ej. En la enfermedad de Parkinson.
- e) Impulsar la Farmacogenética para lograr comprender genéticamente por qué los fármacos afectan de manera diferente a las distintas personas, particularmente por su metabolización, receptores mutados, etc. Ello permitirá prescribir dosis

individualizadas y formular prescripciones dirigidas específicamente a un paciente individual, una especie de tratamiento a la medida o de Farmacoterapéutica personalizada. El programa genómico se orientará en primera instancia a genotipificar a los pacientes en los ensayos clínicos (y a los animales en las pruebas pre-clínicas) de medicamentos por parte de los laboratorios farmacéuticos.

Estudiar nuevos abordajes en el tratamiento de diversas enfermedades, especialmente las de mayor incidencia en el país. como ejemplo en Latinoamérica tenemos el Laboratorio de Farmacoterapia Génica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, que está desarrollando fármacos que disminuyen la expresión de genes nocivos (usando ADN antisentido, etc.) o que corrigen la expresión insuficiente o la ausencia de un gen mediante la inserción temporal del mismo. Los estudios iniciales del Laboratorio se concentran en el área del alcoholismo, problema de proporciones en Chile, estimándose que existe un millón de bebedores excesivos y alcoholismo en el país.

## LA PROYECCIÓN ECOLÓGICA

Es la ciencia que estudia las relaciones de los organismos o grupos de organismos con el medio ambiente. El hombre ha

generado problemas ecológicos no sólo por contaminación del macroambiente, a través de la polución del aire, el agua o el suelo o por el efecto invernadero o la disminución de la capa de ozono, sino también por trastornos de microambientes como el de las bacterias, lo cual reviste fundamental trascendencia en Farmacia y Medicina. Un ejemplo es el desarrollo de resistencia a los antibióticos por su uso indiscriminado por médicos, farmacéuticos y pacientes (automedicación). Agricultores y ganaderos también contribuyen al crecimiento de la resistencia a los antibióticos al usarlos sin discreción en aves de corral, ganado y fumigación de frutas, con consecuencias micro y macroecológicas impredecibles.

Debemos, por lo tanto, incentivar a nuestros futuros profesionales a abordar crecientes problemas como éste, así como otros para los cuales sus sólidos conocimientos de Biología y Química los capacita para orientar a la población sobre su comportamiento en relación a la naturaleza y a las consecuencias de los productos utilizados por el hombre (fosfatos, nitratos, insecticidas, plaguicidas, etc). Igual responsabilidad nos cabe acerca de los problemas derivados de los desechos industriales y domésticos y de adverso reemplazo que se está produciendo de una “sociedad del consumo necesario” por una “sociedad del despilfarro innecesario”. Ya habíamos enfatizado que un medio ambiente adverso favorece la aparición de enfermedades al afectarse los genes de susceptibilidad correspondientes.

La ecología debe considerarse no tanto como un modo de saber sino como un modo de vida. No es solamente la defensa de animales, plantas, paisajes: ha llegado a ser, sobre todo, la defensa del hombre, tanto de hombre contemporáneo como el del que le sucederá algún día en la tierra.

Debemos preparar a nuestros egresados para asegurar científica y globalmente esa defensa y supervivencia.

### LA PROYECCIÓN BIOÉTICA

La Universidad deberá introducir concepciones éticas a lo largo de toda la formación de sus estudiantes a fin de prepararlos para un correcto ejercicio profesional y para la investigación científica orientada por valores trascendentes.

La ética como disciplina orientadora y reflexiva ha venido cobrando creciente importancia en los últimos años, particularmente en el campo de las profesiones de la salud (Bioética). Nos hemos ido dando cuenta, ante el avasallador desarrollo de la ciencia y la tecnología, especialmente de la biotecnología en el campo de la genética y de las sustancias producidas por el hombre que deterioran el equilibrio ambiental, que el conocimiento y la capacidad profesional deben ir de la mano de la ética, es decir de aquel modo de proceder en consonancia con el bien de la conciencia y las obligaciones impuestas por la sociedad.

La dimensión ética de la Profesión Farmacéutica viene determinada en todos sus actos en razón de su finalidad: fomentar, preservar (proteger) y recuperar la salud humana, la salud animal y vegetal y el medio ambiente. De manera específica esta finalidad se centra en promover la salud del individuo, como parte integral de su dignidad, y el bien común de la sociedad, en conformidad con lo dispuesto en nuestra Constitución. Así, un medioambiente apto para vivir es una condición que se hará cada vez más necesaria para el reconocimiento de todos los otros derechos humanos. El derecho a la salud exige que cada persona asuma su deber de no interferir con la salud de otras personas y, por tanto, el deber moral de no hacer inepto el medio ambiente para vivir. ¿Por qué no admitir que la defensa del medio ambiente es, antes que nada, la defensa de la salud, es decir un asunto que debe incumbir también al farmacéutico? Se establece así la necesidad de consultar en la formación de bioquímicos y farmacéuticos un concepto de moral médico – farmacéutica basado en la protección de la vida humana. El médico, el farmacéutico y el bioquímico molecular sólo pueden emplear procedimientos o introducir nuevos fármacos que no sean nocivos para la salud y la dignidad del ser humano.

Naturalmente que el proceso educativo no sólo deberá consultar una postura ética en los que se refiere a la investigación y avance de la ciencia sino también, en gran medida, en lo que dice relación con la vertiente económica de la profesión.

## LA PROYECCIÓN BIOINFORMÁTICA

En el maridaje de la Biología con la Alta Tecnología, los computadores empiezan a transformar la forma de diseñar medicamentos desde la primera fase de descubrimiento o invención del fármaco hasta la última etapa de ensayo en humanos. Por ejemplo, los computadores clasifican y analizan las grandes cantidades de datos que se obtienen sobre genes. Se utilizan para cribar virtualmente cientos de miles de componentes e identificar los que puedan ser candidatos a medicamentos. En algunos casos, los fármacos se prueban e órganos virtuales o en pacientes virtuales.

Esas simulaciones en computadores reducen la necesidad de utilizar conejillos de indias animales y humanos.

La difusión de los computadores refleja, además, un mayor conocimiento de los sistemas biológicos, lo cual permite la utilización de métodos más cuantitativos que antes. El descubrimiento e invención de nuevos fármacos fue en su día un proceso de prueba y error, pero los científicos confían cada vez más en la información aportada por los genes, que contienen el plan o programa de la vida. Y los genes son un código que contiene las instrucciones para producir proteínas, que son las que realmente realizan las diferentes funciones en la célula (enzimas, receptores, etc.) y que, en algunos casos, se pueden utilizar como medicamentos, como en el caso de la insulina. Pero, en la mayoría de los casos, la búsqueda de

nuevos fármacos consiste en encontrar un componente que se unirá a una proteína activándola o bien impidiéndole que funcione.

En el pasado, esto se hacía lanzando miles de componentes a la proteína blanco objetivo para ver si alguno se quedaba unido a ella afectándola. Hoy esta criba o selección se puede hacer más rápidamente y de forma más económica en un computador, explorando en él miles de componentes en un solo día. A continuación, sólo hay que probar los 200 mejores componentes que indique el computador. Incluso después de descubrir un candidato a medicamento, quedan años de trabajo por hacer. Todavía hay que probar el candidato en animales y seres humanos para asegurarse de que es seguro y eficaz. Los más recientes computadores se han empezado a aplicar a esta última fase del desarrollo de fármacos en simulaciones de órganos o de enfermedades.

Las simulaciones por computador no serán nunca un sustituto de las pruebas clínicas, pero quizás podamos hacer menos pruebas clínicas y más eficaces.

Simular una prueba clínica exige algunos datos sobre la rapidez con la que el medicamento es absorbido por la sangre, cuánto tiempo permanece en la misma y a que parte del organismo va, así como información sobre sus efectos en diferentes dosis. A menudo estos datos proceden de fases anteriores de pruebas clínicas, de estudios animales o de datos sobre

medicamentos similares. Con un modelo informático, se pueden hacer pruebas clínicas en pacientes virtuales en cuanto a la distribución por edades, peso, sexo o gravedad de la enfermedad.

Las complicaciones, como por ejemplo que algunos pacientes olviden tomar su medicina, se programan en la simulación, y se pueden ensayar diferentes diseños: ¿proporcionarán 1000 pacientes suficiente información o harán falta 2000? ¿Deberán ser examinados al día siguiente o dos días después de tomar el medicamento?

Este ejemplo ilustra, claramente, los cambios que se están produciendo en la investigación farmacéutica y la importancia y urgencia de intensificar la introducción y uso de los sistemas bioinformáticos- computarizados en la formación de las nuevas generaciones de químicos farmacéuticos a la vez que ponen más al alcance de nuestro medio investigaciones y creaciones de fármacos hasta ahora inalcanzables por su elevado costo. Además, son muy escasos los profesionales que dominan tanto la biología como la informática, situación que deberá ser también considerada en los programas de postgrado que ofrezca nuestra Universidad, pues si bien la nueva era en Medicina no ha llegado del todo, sus fundamentos están siendo establecidos hoy.

## **LA PROYECCIÓN UNITARIA DE LAS CIENCIAS SOCIALES Y NATURALES**

La atención farmacéutica constituye una vertiente fundamental del ejercicio

profesional, tanto por su directo aporte a las necesidades de los pacientes como por su papel esencial en el equipo de salud junto a la acción de otros profesionales del área médica. Las oficinas de farmacia privada y hospitalaria (con su unidad específica de farmacia clínica) y el laboratorio clínico representan los puntos de encuentro e interacción con los pacientes y los otros profesionales y en los cuales el farmacéutico se constituye en el experto en el manejo de los medicamentos y en el profesional que debe responder por la seguridad, calidad y eficacia de éstos en beneficio de la salud de la población. De aquí la importancia de una formación académica profunda y constantemente actualizada por parte de la Universidad a través de especializaciones y programas permanentes de Formación Farmacéutica Continua. Sin embargo, dicha formación académica debe estar impregnada de una concepción y compromiso social del ejercicio profesional y de una clara actitud de servicio que enfatice una preocupación prioritaria hacia el paciente ante que al producto pues si bien sin fármacos no hay farmacia, sin pacientes tampoco la hay.

En la Conferencia Mundial de las Ciencias celebrada en Budapest (1999), se destacó que así como la primera mitad del siglo XX fue la época del desarrollo de la Física y las décadas posteriores lo fueron de la Química y luego de la Biología y que nuestro pasado más reciente vio el surgimiento de la Informática, ahora la revolución científico – técnica plantea un enorme reto frente a las Ciencias Sociales cuyos investigadores deberán ser capaces

de preparar y asesorar a los que toman las decisiones para el aprovechamiento inteligente del notable sistema de medios técnicos y científicos desarrollados en el siglo que acaba de terminar. Pero como los investigadores de ciencias sociales se concentran principalmente en los sistemas institucionales políticos y en el estudio de los movimientos socioeconómicos, su calificación en los ámbitos de las ciencias naturales y de la técnica es muy escasa por lo que se requiere una visión sintetizadora científico – social tanto en la formación de nuestros investigadores como en la forma de pensar de éstos. Desde este punto de vista habrá que supervisar nuestro sistema institucional de la enseñanza superior y de nuestros sistemas de priorización y de calificación científica. Los científicos deberán colaborar con los investigadores de ciencias sociales y éstos, a su vez, esforzarse en promover un avance decidido de las ciencias sociales en función de los logros científicos – tecnológicos.

Algunas medidas a implementar en este sentido sintetizador por las Universidades en las áreas farmacéutica y bioquímica son las siguientes:

a) Los programas curriculares deberán consultar la proyección de servicio social de los respectivos profesionales incluyendo disciplinas humanísticas y sociales así como técnicas de comunicación interpersonal, elementos de evaluación psicológica, etc. De modo de generar en ellos una sensibilidad universitaria alimentada

por valores éticos, culturales y de uso y creencias que aseguren la dignidad y bienestar del hombre y forjen un mundo de progreso, paz libertad, desarrollo y solidaridad.

b) La Universidad debe proyectar también su magisterio hacia la actualidad nacional para intervenir en ella como autoridad moral capaz de señalar metas y de corregir disfunciones en el campo de las ciencias bioquímica farmacéutica y su gravitación médico social, para lo cual ha de ser capaz de suministrar con coraje criterios válidos.

c) Por su afán de universalidad la Universidad debe llegar a convertirse en una institución sin edad, evitando encerrarse de modo exclusivo en enseñanzas rígidamente regladas destinadas sólo a un público juvenil. Debemos preocuparnos, por ejemplo, de crear programas adaptados al adulto mayor, de creciente aumento en la actualidad y más aún en la proyección estimada para el futuro próximo, capacitándolo para contribuir al desarrollo del país y a su crecimiento personal haciéndolo útil a la sociedad y no seguir considerándolo como una carga para los demás. La Vicerrectoría de Asuntos Académicos de la Universidad de Chile ha iniciado los estudios para implementar una Escuela para el Adulto Mayor y organizado un concurso para apoyar específicamente las investigaciones multidisciplinarias (científicas y

sociales), relacionadas con el adulto mayor. Por constituir las personas de tercera edad el sector etario con el más elevado consumo de medicamentos, a los profesionales egresados de las Facultades de Ciencias Químicas y Farmacéuticas les asiste una especial responsabilidad hacia este sector de la población por los riesgos de automedicación, prescripción inadecuada por interacción farmacológica múltiple, etc. Igualmente compromete a la Facultad a dedicar los mejores esfuerzos de sus investigadores a este importante campo de desarrollo profesional.

En resumen, el siglo XXI, como todo momento del devenir histórico de una profesión, sólo será más que una promesa y esperanza de las profesiones farmacéutica y bioquímica si logra su identidad y su convergencia en la sociedad en que debe ejercer, a través de un proceso educativo que forma profesionales orientados a servir al ser humano en ciencia y humanidad y capaces de adaptarse a los desafíos de un entorno en permanente cambio.

El compromiso de la Universidad no es sólo con el devenir de la ciencia sino, muy especialmente, con las personas, con educación de excelencia y con la ética, custodio de la vida humana para asegurar su realización y aliviarla del peso de su caducidad. Sólo a través de estos principios y valores, el progreso

científico y tecnológico de tan promisorias profesiones puede permanecer al servicio del hombre.

A la Universidad cabe una especial responsabilidad en lograrlo: desafío que ha de asumir más que como una tarea como un deber.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Ferriol F.** (1996) "Investigación Médica" Mapfre Medicina. (Supl. IV) pp. 7.
2. **Sols A.** (1983) "El Arte de Investigar" Bol.Educ.Bioquím.(México)pp.2(2)7-16
3. **Roush W.** (1997) Science. Pp.275, 423
4. **Kouganoff V.** (1959) "La Investigación Científica" EUDEBA Buenos Aires.
5. **Bunge M.** (1995) "La Ciencia, su Método y su Filosofía" Edit. Lima.
6. **Lain P.** (1986) "Ciencia, Técnica y Medicina" Alianza Editorial, Madrid.
7. **Gabel L.** (1990) "Research Process. An Overview". J. Am. Pediat. Med. Assoc. 80, 505-508.
8. **Watson J.D. & Crick F.** (1953) "Molecular Structure of Nucleic Acids. A Structure for DNA" Nature 177, 737-8.
9. **Watson J.D.** (1993) "Succeeding in Science: Some Rules of Thumb" Science 261, 181-2-3.
10. **Descartes.** (1977) "Discurso del Método" Edit. Losada, S.S. Buenos Aires.
11. **Ramón S. y Cajal** (1981) Historia de mi Labor Científica" Alianza Editorial, S.A., Madrid .

12. **Rocha M. e Silva.** (1982) "The Rational Frontiers of Science" Krieger Publishing Co, Florida USA.
13. **Dampier W. & Dampier M.** (1959) (Eds.). "Readings in the Literature of Science" Harper & Brothers, New York .
14. **Gardner M. (Ed.)** (1954) "Great Essays in Science" Pocket Books, Inc., New York.
15. **Silver B.L.** (1998) "The Ascent of Science . Oxford Univ. Press.
16. **Sapag- Hagar** (2000) "Las Ciencias Bioquímico – Farmacéuticas en los umbrales del siglo XXI: Reflexiones sobre su proyección futura en la Universidad de Chile". En: Anales de la Universidad de Chile, 6ª serie, N° 12.
17. **The Biochemist.** (varios autores) October (2000) "Teaching Bioinformatics" (The Biochemical Society).