



BEB 84

BOLETIN DE EDUCACION BIOQUIMICA

VOL. III

No. 3

SEPTIEMBRE 1984

EDITORIAL

¿QUE ES LO ESENCIAL?

La existencia del hombre se caracteriza por su capacidad de decisión ante diversas alternativas que el devenir cotidiano le impone, el proceso que ha de seguir para su incorporación a la sociedad y el encuentro de su propia identidad constituye una parte del mecanismo y la orientación que forman dicha capacidad.

Educación implica para nosotros el otorgar herramientas, conceptos y orientación que harán que el hombre amplíe dicha capacidad de decisión y multiplique las alternativas a seguir, sin embargo, tanto en la vida diaria como dentro de la vida académica se continúan planteando las disyuntivas entre la importancia de lo básico y de lo aplicado, circunstancias que en educación médica se dan de manera directa y a mi modo de ver innecesaria ya que en la existencia de ambas reside el valor de nuestras acciones que deberán de tender a lo integral; de esta discusión surgida entre lo básico y lo aplicado emerge de manera directa un ámbito para el desarrollo del pensamiento que nos permitirá una visión global de cualquier problemática y de cualquier área del conocimiento.

Se han denominado áreas básicas aquellas que otorgan y enriquecen el cuerpo de conocimientos del cual parte el hombre en sus diversas disquisiciones y nos referimos al conocimiento aplicado como el derivado del anterior, pero con una utilidad objetiva y material, el cual se puede ubicar de una manera multi o interdisciplinaria en contraste con el conocimiento básico que en general siempre se integra en una sola disciplina.

La evolución de la ciencia ha estado normada por el avance de ese cuerpo de conocimientos y merced al desarrollo del conocimiento básico y por otra parte, del mejoramiento de las condiciones del hombre y de la propia condición humana, que se ha visto influenciada y modificada a veces radicalmente por el conocimiento aplicado que nos ha permitido llegar a etapas de desarrollo tecnológico y científico hasta hace poco no imaginadas.

En ambas circunstancias el común denominador de estos dos tipos de conocimientos está determinado por el desarrollo de la docencia y de la investigación, estas dos circunstancias son elementos indisolubles que deberán de tener su expresión en el ámbito docente por la integración docencia/servicio y en el de la investigación por el de investigar/enseñando. Sólo con la aplicación de estas dos premisas se podrán obtener las motivaciones, inquietudes e interrogantes suficientemente valederas para el logro de los objetivos superiores del desarrollo del conocimiento en general.

Creo firmemente que el vínculo formal entre nuestros conocimientos y los problemas que se nos plantean sean teóricos o reales está determinado por los elementos característicos de la disciplina que ejercemos, tipo de metodología usado, manera en que proyectamos nuestra inquietud y nuestros resultados y por último, no porque no otorgue resultados directos es menos trascendente, sino por el contrario, quizá la más importante, de acuerdo al análisis de los problemas que se planteen ya que dicho análisis permitirá y así lo demuestra la historia de las ciencias, que de la discusión positiva se pueden derivar todos los anteriores elementos de vínculo y que incluso puede modificarse la propia disciplina.

COMITE EDITORIAL

GUILLERMO ALVAREZ LLERA
Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México

ALFONSO CARABEZ TREJO
Centro de Investigaciones en Fisiología Celular
Universidad Nacional Autónoma de México

GUILLERMO CARVAJAL
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Instituto Politécnico Nacional

ALBERTO HAMABATA
Centro de Investigación y Estudios Avanzados
Instituto Politécnico Nacional

JOSE ANTONIO HOLGUIN HUESO
Instituto Nacional de Cardiología
"Dr. Ignacio Chávez"

JESUS MANUEL LEON CAZARES
Centro de Investigaciones en Fisiología Celular
Universidad Nacional Autónoma de México

ENRIQUE PIÑA GARZA
Faculta de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México

SERGIO SANCHEZ ESQUIVEL
Instituto de Investigaciones Biomédicas
Universidad Nacional Autónoma de México

COORDINADOR EDITORIAL
YOLANDA SALDAÑA DE DELGADILLO
Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México

CORRESPONSALES
Serafin Aguado (Morelia, Mich.), Ma. Dolores Alvarez Bruneliere (León, Gto.), Humberto Avila Rodriguez (Durango, Dgo.), Alberto Boveris (Buenos Aires, Argentina), Carlos Corredor (Cali, Colombia), Alfredo Delgado (Monterrey, N.L.), Manuel Escobar I. (Zacatecas Zac.), Jesús R. Garcilaso (Hermosillo Son.), Ma. Cristina González de Mac Swiney, (Mérida, Yuc.), Luis Rogelio Hernández Montenegro (Saltillo, Coah.), Ma. Guadalupe Oliva Ruiz (Tampico, Tamps), Ma. Guadalupe Puga (Querétaro, Qro.), Héctor Reyes Leal (Ciudad Juárez, Chih.), José Alberto Rivera Brechu (México, D.F.), Jesús M. Rodríguez (San Luis Potosí, S.L.P.), Alba Marina Valdez de García (Guatemala Guatemala, C.A.), Manuel Vázquez T. (Santo Domingo, República Dominicana).

INDICE

BEB 84 Vol. III, Núm. 3 septiembre 1984

EDITORIAL

¿Qué es lo esencial?. Roberto Uribe Elías. 1

ARTICULOS

Estrategias en la Educación Bioquímica. Guillermo Alvarez Llera, Alberto Hamabata Nishimuta, Aída Hernández Tobías y Enrique Piña Garza. 3

Aspectos de la Reparación de DNA en procariontes. Jorge Vázquez Ramos 16

OTRAS COMUNICACIONES

Reflexiones del Estudiante de Licenciatura que se Incorpora a un Laboratorio de Investigación Biomédica. Juan C. Díaz Zago 20

Mecanismo de la Hepatotoxicidad del Tetracloruro de Carbono. Guillermo Carvajal Sandoval 22

Descifrando el Misterio de la Anafilaxia Idiopática. Guillermo Carvajal Sandoval 23

La terrible enfermedad de Alzheimer. Guillermo Carvajal Sandoval 24

INDICES DE REVISTAS 24

Instrucciones para los colaboradores del Boletín de Educación Bioquímica 32



FACULTAD DE MEDICINA, U.N.A.M.

DR. FERNANDO CANO VALLE
Director

DR. ULISES AGUILAR BATURONI
Secretario General

C.P. EDUARDO MUÑOZ GONZALEZ
Secretario Administrativo



**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA
Y TECNOLOGIA,**

DR. HECTOR MAYAGOITIA DOMINGUEZ
Director General

DR. GONZALO HALFFTER
Director Adjunto de Desarrollo Científico

DONATIVO PCCBCNA-420864

BOLETIN DE EDUCACION BIOQUIMICA (BEB) es una publicación trimestral editada por el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México. Registro en Trámite. Correspondencia Y. Saldaña de Delgadillo. Departamento de Bioquímica. Facultad de Medicina UNAM. Apdo. Postal 70159. Delegación Coyoacán. 04510 México, D.F.

Considero que la vida es el resultado del equilibrio de una relación simbiótica, más o menos compleja, en donde la interdependencia es el denominador común, derivada de lo anterior aceptamos que una parte esencial de ella es bioquímica.

La bioquímica entendida como una disciplina que nos permite entender el ordenamiento del universo biológico y su interrelación con los demás seres; la bioquímica que como ciencia de la vida nos acerca al conocimiento de los mecanismos intrínsecos de inter-relación e interacción cuyo resultado es el fenómeno vida.

Esta comprensión que hasta hace muy pocos años hemos logrado nos lleva del terreno eminentemente material a la proyección filosófica de la condición humana y que en el desarrollo de los diversos papeles que en el mundo actual nos toca jugar nos permite tener no uno, sino quizá varios modelos que nos acerquen al modelo único de la vida universal que nos permitirá entender mejor nuestra propia existencia.

La trascendencia de los modelos bioquímicos como medios para entender la vida en sociedad y aún la misma historia del hombre son un simple acercamiento a esa meta siempre difícil que es la verdad universal regida por leyes y principios generales a las disciplinas de la ciencia.

De acuerdo con Toynbee, la historia de las civilizaciones y por lo tanto la del propio hombre es simplemente un ciclo concebido por él como círculo y traducido por nosotros como una curva normal en donde todo tiene un principio, un climax, una pendiente de descenso y un final, se podría aceptar que la historia del hombre sigue el desarrollo helicoidal de la estructura molecular del DNA y que en ese devenir histórico siempre progresivo y ligado a la historia sería la proyección espacial de esa molécula representada por las diversas civilizaciones que en la historia del mundo el hombre ha tenido.

Por lo anterior nuestro estudio biológico y nuestra formación de recursos humanos para la salud una de cuyas bases estaría dada por la bioquímica, nos permitiría no tan solo la comprensión de un fenómeno biológico particular, sino que nos acercaría a la visión global de una verdad siempre cuestionable pero siempre presente.

Responder pues, qué es lo esencial en un foro de disciplina bioquímica nos orillaría a aventurar que lo esencial es la comprensión integral que no excluya sino relacione.

*Dr. Roberto Uribe Elías.
Profesor de la Facultad de Medicina.
Centro Universitario de Tecnología
Educativa para la Salud, U.N.A.M.*

ESTRATEGIAS EN LA EDUCACION BIOQUIMICA

Guillermo Alvarez Llera, Alberto Hamabata Nishimuta, Aída Hernández Tobías y Enrique Piña Garza. Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, UNAM. Apdo. Postal 70159, 04510 México, D. F.

INTRODUCCION

En el número especial de la Revista Biochemical Education, Volumen II, Número 3 del mes de julio de 1983, apareció un artículo con el título "Strategies of Biochemical Education", dedicado al análisis de los problemas que se plantean a los profesores en la organización y la implementación de los cursos

de bioquímica. En vista de la importancia del artículo el Comité Editorial del BEB nos encomendó analizarlo, contrastándolo con nuestra realidad: la del Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la UNAM.

El artículo original en inglés, fué elaborado por el profesor Alan H. Mehler del Medical College of Wisconsin, EUA y en él se recogen las opiniones vertidas durante el taller Estrategias en la Educación Bioquímica, que se llevó a cabo del 12 al 14 de agosto de 1982, patrocinado por el Comité de Educación de la Unión Internacional de Bioquímica. En ese taller participaron 20 profesores e investigadores de reconocido prestigio internacional, como se ve en la lista que sigue:

P.N. Campbell (Inglaterra), O. Cori (Chile), C.G. Frazer (Australia), H. Frunder, (Alemania Democrática), P. García-Webb, (Australia), P. Grunwald, (Alemania Federal), L. Josefsson (Dinamarca), Y. Kagawa (Japón), G. Kellerman (Australia), T.C. Koo (China), R. Lalthantluaga (India), A. Lifschitz (Israel), D. Macqueen, (Escocia), A.H. Mehler (EUA), T. Ramasarma (India), P. Ruenwongsa (Tailandia), M. Saffran (EUA), H. Sokabe (Japón), F. Vella, (Canadá) y E.J. Wood (Inglaterra).

Es de notarse en este Comité el predominio de representantes de los países desarrollados (15) sobre los subdesarrollados (5); así como el hecho de que hay sólo dos representantes de los países del mundo socialista, 14 de los países capitalistas industrializados y sólo 4 de los países del tercer mundo. No parecía probable que las opiniones emitidas por este grupo tuvieran mayor relación con los problemas que nuestro país afronta en la enseñanza de la bioquímica; sin embargo, dado que la discusión se mantiene en un plano de alta generalidad intentando *iniciar un proceso largamente aplazado para identificar los principios fundamentales que deben determinar el diseño y la implementación de los cursos de bioquímica* (todos los párrafos en cursiva se refieren a traducciones del artículo analizado), el material logrado configura un análisis extenso, completo y serio de los diversos factores que inciden en el desarrollo de los cursos de bioquímica.

Nuestro grupo coincide con los autores del artículo original en que no es válido presentar un curso modelo de bioquímica pues no existe ninguno que pueda aplicarse en todas las circunstancias locales de la enseñanza de la materia que presenta una problemática particular en cada caso; el estudio señala sin embargo algunos puntos de partida que compartimos como el que se refiere a la *suposición implícita de que el éxito de la mayor parte de la enseñanza de la bioquímica deja mucho que desear* y el que señala la formación empírica de los profesores de bioquímica que, como en otros campos de la ciencia son seleccionados casi exclusivamente con base en sus conocimientos de la materia ya que: *en el*

campo de la educación todos los bioquímicos somos aficionados.

En el artículo se procede a analizar en orden lógico:

1).— El establecimiento de los objetivos del curso *pues no hay ninguna razón académica para parte alguna de él, que no sea el conducir al logro de los objetivos deseados.* 2).— La selección del contenido del curso. 3).— Las técnicas y los recursos. 4).— Los exámenes, agregando además consideraciones acerca de 5).— El lugar de la bioquímica en diversos *currícula.* 6).— La evaluación global del curso que aporta la base para su mejoramiento y actualización.

Vista la bioquímica en perspectiva, se constata su progresiva aceptación dentro de los *currícula* como una materia fundamental que reúne los elementos de la química general, orgánica y fisicoquímica para aplicarlos a la biología. La disciplina ha crecido y ya no se duda que debe ser enseñada. Quedan de cualquier modo otras preguntas: *¿cuándo debe enseñarse? ¿cuál debe ser su relación con otras carreras? etc.*

1. OBJETIVOS.

A pesar de que en nuestra Facultad de Medicina, de la UNAM se tienen objetivos educacionales como guía oficial del curso de bioquímica, su aceptación por el profesorado ha sido siempre motivo de controversia más o menos abierta y su utilización, por alumnos y profesores como una guía efectiva para la planeación y el desarrollo de la enseñanza se da sólo en unos cuantos de los 72 grupos que se atienden anualmente. Sin embargo desde un punto de vista teórico, los objetivos educacionales, aportan el marco lógico que justifica la existencia del curso y preside su desarrollo; pues si se imparte la asignatura es porque "algo" se pretende lograr con ella ya que si así no fuera, *¿para que tomarse el trabajo?*

Para muchos maestros, los objetivos educacionales se hallan implícitos en el contenido del curso y en su opinión *no vale la pena tomarse el tiempo de enunciar lo obvio*; tal actitud, abandona al autor del libro de texto la capacidad de decidir los objetivos que se persiguen y adelanta la idea de que la transmisión de la información es el único objetivo que se pretende lograr. En todo caso, la definición de los objetivos educacionales es el único camino que permite planear lógicamente las actividades de enseñanza y orientar el desarrollo del curso hacia el logro de las metas que se pretende alcanzar; esta definición es *esencial, no solo para el diseño racio-*

nal del curso sino para la discusión de cualquier otro aspecto de la educación bioquímica. Desde nuestro punto de vista, es también importante que mediante el uso de los objetivos se intenta uniformar la enseñanza de la bioquímica en los 72 grupos que se manejan en el año.

Algunas de las razones señaladas en el artículo y que explican el rechazo de los objetivos, son también operantes en nuestro medio, como por ejemplo la preeminencia de la autoridad que impide el cuestionamiento y establece presiones institucionales en defensa de la tradición; la resistencia de los maestros para ceder parte de su autonomía en la cátedra y dirigir sus esfuerzos hacia la formación de médicos y —tal vez de mayor importancia— el desconocimiento de la utilidad de los objetivos en la situación concreta de la clase así como *la falta de interés en los problemas de la educación, por mentes entrenadas para asignar un muy alto valor a la investigación de laboratorio.*

De lo expuesto en el artículo surge una importante interrogante al analizar el papel que juega la información en la estructura de los objetivos y que varía desde el grado de constituirse en el único objetivo dominante, o primacía de la información que la señala como esencial para todas las aplicaciones de la bioquímica, dejando poco espacio para alguna otra cosa, hasta llegar a un plano en que se le considera secundaria en lo que se dió en llamar la definición operativa de la importancia de la información. Los participantes en el taller estuvieron de acuerdo en señalar que *la adquisición por algún medio, de la información útil es un objetivo principal, pero no es, de ningún modo el único objetivo de un curso de bioquímica.*

Por otra parte se plantean al menos tres posibilidades de orientar los objetivos, al seleccionar la información que resulte relevante según el criterio de:

a) La información útil. Que reconoce que *sólo una pequeña parte de la información total de la bioquímica puede ser incluida en un curso y que por lo tanto se debe seleccionar la información útil.* Este enfoque que ha cosechado algunos éxitos, se ve apoyado por *el resentimiento que crea en los estudiantes el gran volumen del material que deben aprender y que tiene poca probabilidad de ser aplicado.*

b) El núcleo esencial. Es apoyado por algunos maestros pero de muy difícil definición, pese a lo cual, consideramos que es un criterio útil y aplicable a nuestras circunstancias, ya que es posible

identificar por medios didácticos, un núcleo esencial de conocimientos directamente relacionado con la estructura conceptual de la bioquímica y que resulta compatible con los objetivos terminales de la carrera de médico cirujano.

c) La definición operativa de la importancia de la información. *De acuerdo con este punto de vista, los estudiantes deben asignar sus propios valores a lo que aprenden en relación con la utilidad que la información tiene para ayudarlos a desempeñar sus funciones.*

En un intento de ubicar a nuestros objetivos actuales, diríamos que se aproximan al criterio a), pero todavía con un predominio claro de la información como objetivo central, con algunas instancias de enfoque aplicativo. Esta situación genera una sobrecarga de los programas que puede ser un factor en el índice de acreditación de nuestros alumnos y reconocemos con los autores que para sostener la primacía de la información se requiere de *alumnos suficientemente maduros para asimilar la información, integrarla con otros conocimientos y usarla inteligentemente.* Nuestra opinión es que algo se ha hecho en el sentido de seleccionar la información útil y de elaborar el núcleo esencial, pero nos queda mucho camino por andar todavía y se puede reconocer en la Facultad de Medicina de la UNAM, que el objetivo es proporcionar al alumno la mejor información posible, siempre y cuando se cubra un mínimo indispensable.

Después de considerar brevemente la familiarización del estudiante con las fuentes de información como punto de orientación para los objetivos, el artículo *Strategies of Biochemical Education* pasa a tratar las prácticas de laboratorio afirmando que el laboratorio de bioquímica *es el componente más variable de los cursos normales y que hay opiniones muy divergentes sobre el valor de la enseñanza de habilidades de laboratorio en los cursos introductorios o generales de la bioquímica.*

En nuestro medio, en donde han sido con alguna frecuencia cuestionados los objetivos de las prácticas de laboratorio, pero en donde resultaría inconcebible suprimir esta parte del curso, sorprende un poco la facilidad con que esta actividad es puesta en entredicho por los autores del artículo original. Sin intentar analizar las razones de esta actitud, diríamos estar de acuerdo con los objetivos señalados para el laboratorio, enunciados como *ilustrar y reforzar el contenido de las clases y desarrollar habilidades que serán útiles en el trabajo profesional subsecuente;* pero ante la evidencia de la casi nula aplicabilidad de las habilidades de laboratorio en la

vida profesional de la mayoría de nuestros médicos, hemos aceptado para la parte práctica del curso como objetivo, el de introducir al estudiante al método científico y motivarlo para el estudio de la bioquímica.

Los autores del estudio llaman la atención hacia la diferencia que hay entre *la enseñanza de las habilidades del laboratorio como objetivo y el uso del laboratorio para cumplir otros objetivos*, como sería el establecer comunicación personal profesor-alumno y otros de orden didáctico, que pueden tener un alto valor intrínseco pero que deben ser explícitamente formulados. Así mismo en el artículo se señalan algunas ventajas inherentes a las demostraciones de laboratorio —método muy poco usado en nuestra escuela— como son su menor costo y su mayor confiabilidad, que las señala como una alternativa viable para prácticas difíciles o muy costosas.

Al abordar el tema del diseño experimental, en el que *los ejercicios prácticos se expanden hasta alcanzar el grado de proyectos*, se entra en una área cada vez más cercana a la investigación, que se halla dotada de un gran potencial didáctico. El desarrollo de proyectos por los alumnos es un medio avanzado de aprendizaje que al mismo tiempo que permite la adquisición de habilidades específicas, acerca al alumno a la metodología de la investigación y lo entrena en la aplicación del método científico. Pese a todas estas ventajas aparentes, sólo ha tenido una aplicación limitada en nuestro medio donde se ha llamado: cursos de capacitación de instructores y posteriormente, cursos para la formación de ayudantes en investigación, maestros y doctores en Ciencias Biomédicas (Bioquímica).

El interés que este medio despierta en los alumnos nos hace pensar que aún cuando los autores lo aconsejan para los estudiantes orientados hacia la ciencia, pueda tener modalidades aplicables a las clases de la licenciatura para las cuales, o bien no ha sido pensado o se encuentra vetado por razón de recursos y de tiempo.

En relación con el estudio de la literatura científica, se comentó la dificultad del alumnado para obtener información útil de su libro de texto; dificultad que se ve acrecentada cuando al alumno se le pide interpretar un artículo científico que, en la gran mayoría de los casos, está escrito en inglés. Este problema es compartido por muchas escuelas pese a que se está de acuerdo en que *la habilidad para obtener información y conceptos de los artículos originales, debe ser un objetivo para todos los estudiantes* y esto supone, la necesidad de que los

alumnos adquieran la capacidad de leer la bioquímica en inglés.

Como un escalón de nivel superior dentro de los objetivos de la bioquímica, se plantea la resolución de problemas. *Parece haber un fuerte consenso en el sentido de que la resolución de problemas como forma de aplicación de la información, es el propósito final en la educación bioquímica. . . los estudiantes que adquieren la información pero no son capaces de aplicarla a la solución de problemas, no han alcanzado ninguna cosa útil con sus cursos de bioquímica.* Desde nuestro punto de vista las opiniones anteriores se sostienen, pero representan una situación ideal que no se ha pensado plantear en nuestro medio, en donde un rendimiento razonable de los cursos en cuanto a la adquisición y al manejo elemental de la información, parecen todavía metas adecuadas; sin embargo, el enfoque es atractivo, aún retador y se usa ocasionalmente como una técnica de enseñanza.

Parece necesario introducir objetivos que contemplen la solución de problemas cuantitativos y metabólicos de los cuales, el artículo original ofrece algunas posibilidades: explicación bioquímica de fenómenos biológicos, predicción de resultados de los experimentos, interpretación de observaciones, identificación de anormalidades y diseño de análisis bioquímicos. Al plantear la resolución de problemas como un elemento esencial de la educación bioquímica, se implica toda una serie de actividades que integran las acciones propias de la investigación, con el conocimiento teórico que las soporta; este enfoque de problemas ha servido según señala el artículo para organizar cursos que integran los contenidos de la bioquímica con el resto de las ciencias básicas.

Las aplicaciones de la bioquímica que derivan de los elementos, considerados anteriormente, permiten según el artículo adaptar la enseñanza de la bioquímica a los fines de algunas profesiones. En nuestro caso consideramos una aplicación importante de la bioquímica, que dadas sus características como ciencia puede proveer un sistema para ejercer el razonamiento científico en la toma de decisiones clínicas; sin embargo al planear los objetivos de la materia se ha tendido siempre a respetar su estructura como ciencia sin emprender la reorganización extensa y la selección de contenidos que serían requeridas para establecer con ella un bloque significativo e integral de conocimientos en la enseñanza de la medicina.

En relación con los objetivos generales se afirma el concepto de que *todo curso de bioquímica es*

parte de un continuo educativo y debe compartir con el resto del currículum los mismos objetivos generales. En nuestro medio, es este un tema que se ha propuesto examinar en alguna ocasión, pero que no ha llegado a crear conciencia en el profesorado ni en los responsables de la estructura educativa de la carrera de médico cirujano, en el sentido de una integración armónica de todas las asignaturas del currículum que tenga en cuenta los objetivos generales de la carrera. Por lo que respecta a la bioquímica, y al resto de las materias básicas, puede decirse que esa armonización no se ha llevado a cabo y que cada asignatura se imparte sin otra orientación que la que le es propia como rama de la ciencia.

En el artículo objeto de este comentario, se plantea la pregunta de si algunos de los objetivos generales de la bioquímica tienen también vigencia como objetivos terminales de la carrera y en este plan, se identifica como importante promover la autoeducación. Nosotros coincidimos en este objetivo, pese a que en nuestro sistema educativo predomina el concepto de autoridad del profesor y se descuida la oportunidad de cultivar en el estudiante una actitud de responsabilidad e independencia ante el estudio.

Es de señalarse que en nuestro Departamento de Bioquímica, se han elaborado ya cuatro versiones de los objetivos educacionales, lo cual señala nuestra intención de cambio; parece importante orientar este cambio en el sentido de:

- a) Seleccionar los contenidos con énfasis en su aplicabilidad para explicar procesos normales y patológicos del organismo humano;
- b) Desplazar a la información del lugar preeminente que ocupa en nuestros objetivos, con el fin de permitir la exploración de otras categorías didácticas con mayor contenido formativo e
- c) Impulsar la autoeducación como un medio de lograr mayor responsabilidad y autoafirmación del alumno ante el estudio.

2. CONTENIDO DEL CURSO

No ha sido frecuente en nuestro medio, el plantear la selección del contenido del curso en forma explícita; cuestionando las razones que apoyan la inclusión de cada uno de los capítulos. Parecería ser que en la selección del contenido —realizada en efecto por el grupo de profesores encargado de la revisión del manual de objetivos vigente— juega como telón de fondo el acuerdo tácito de que todos

los capítulos del texto más aceptado deben figurar, con la sola limitación del tiempo disponible; a la pregunta de *¿qué debe ser incluido?*, la respuesta inmediata es: *todo*.

Es fácil darse cuenta sin embargo de que en ningún curso de bioquímica —de la duración que sea— es posible incluir “todo” y que por lo tanto se ejerce de un modo o de otro una selección del material de enseñanza. Parece ser que nos hemos decidido por el método más fácil para la selección del contenido, que es aceptar lo que los principales autores de textos consideran como necesario; esta actitud tiene su contraparte en el hecho de que se carece de estudios que aborden y resuelvan la estructura conceptual de la bioquímica desde el punto de vista de la enseñanza de la medicina.

Una de las posibilidades concretas señaladas es hacer la selección del contenido por conceptos, *utilizando el material que resulte más efectivo para ilustrarlos*. Se enumera en el artículo a manera de ejemplo una lista de conceptos fundamentales, que incluye el rearreglo de las moléculas para obtener la energía; la utilización del ADP para la síntesis del ATP; el control alostérico, etc. aplicados al estudio de las vías metabólicas, como contenidos de los cuales derivan conceptos bioquímicos, pero sin perseguirlos sistemáticamente.

Por otra parte estamos de acuerdo en que el contenido del curso debe seleccionarse además, teniendo en cuenta los conocimientos bioquímicos relevantes para cumplir otros objetivos como serían la resolución de problemas, la interpretación de artículos originales y la implementación de técnicas de laboratorio. Nuestra experiencia nos coloca muy alejados de la autoselección del contenido, ejercida por el alumno en el método de estudio independiente cada vez que se le presentan problemas bioquímicos apropiados, pues esta técnica requiere de un alto grado de madurez, motivación y responsabilidad por parte de los alumnos. Tampoco ha sido motivo de consideración en nuestro caso, la influencia de condiciones locales en la selección del contenido, como sería el caso de clases mixtas para alumnos de varias carreras, ya que todos nuestros alumnos cursan la carrera de medicina.

La selección del contenido se hace más difícil por la necesidad evidente de la actualización de los cursos, pues además de ejercer una selección del material ya establecido hay que discriminar del gran volumen de nueva información que se genera, aquella que resulte relevante para el curso. *En principio parece deseable para cada departamento o coordinador de asignatura fijar objetivos específicos en rela-*

ción con los elementos componentes del curso a fin de que contribuyan al logro de los objetivos generales; será posible entonces seleccionar dentro de cada tópico el material idóneo desde el punto de vista de los objetivos.

La introducción de material reciente al curso de bioquímica, no debe hacerse solamente en razón de su novedad, sino que debe analizarse en función, por un lado, de la estructura conceptual de la materia que se pretende transmitir al estudiante y por el otro de la contribución que el nuevo tema pueda hacer al logro de los objetivos. La bioquímica —como otras materias básicas de la carrera de medicina— debe pensarse como una herramienta que será aplicada por el médico en el razonamiento clínico, no como una colección inconexa de datos nuevos e interesantes.

Otro de los aspectos planteado por el grupo corresponde al orden y el peso relativo de los temas en donde se destaca el procedimiento tradicional consistente en *describir los principales constituyentes del organismo vivo antes de discutir el metabolismo, que es seguido por la organización, el control y los temas biológicos especiales*, lo que establece un vector que parte de los temas fundamentales de la química, pasa a la bioquímica propiamente dicha y llega a los aspectos bioquímicos de la biología. Parecería que una secuencia como la propuesta se apoya en una lógica inobjetable, sin embargo, en la práctica se han establecido con éxito variable muchas otras secuencias de enseñanza y aún se afirma que el orden habitual es responsable en buena parte de la actitud negativa hacia los cursos de bioquímica; *pues no hay emoción alguna en memorizar estructuras moleculares y la revelación del drama de la bioquímica se pospone hasta que muchos de los estudiantes han sido irreversiblemente alienados.*

Varias consideraciones y ensayos, permiten visualizar a la bioquímica como un objeto tridimensional, cuyo estudio puede abordarse desde varios vértices conceptuales dependiendo del contexto didáctico particular. Por ejemplo al empezar con los aminoácidos, los ácidos grasos, la biología molecular o *al introducir un problema poco complejo, como ¿porqué necesitamos comer? ¿cuál es la importancia de la respiración?* y proseguir de ahí hasta cubrir el volumen habitual de la materia. En estos enfoques, mucho depende de la habilidad del profesor y de la calidad de los alumnos.

Al considerar la forma en que ha crecido el volumen de información en la bioquímica se explica que a menudo se escuchan entre los profesores quejas en relación con el tiempo dedicado a la materia

y que surja la pregunta: ¿Cuándo debe enseñarse la bioquímica? En nuestro sistema educativo, se introducen conocimientos bioquímicos a nivel preparatoria como parte de otras asignaturas del área biológica y en pocos casos, se ofrece directamente la bioquímica como una asignatura del plan de estudios, sin embargo el nivel de conocimientos con que cuenta la gran mayoría del estudiantado al ingreso, es muy pobre, no sólo en los elementos de la bioquímica, sino aún en las bases químicas necesarias para entenderla. Es aconsejable por lo tanto que se procure ofrecer durante los cursos previos la orientación que necesitan.

En cuanto a la colocación de la bioquímica dentro del *currículum* de la carrera de médico cirujano, no parece muy útil reubicarla en ciclos superiores al primer año, conservando su estructura actual, pues esto no remediaría la estrechez del tiempo que se le ha asignado, ni operaría el cambio necesario en su orientación hacia la clínica. Una mejor opción para resolver el dilema, pudiera ser el dividir la materia en sus aspectos básicos y clínicos; e impartir los primeros al principio de la carrera, en donde son más necesarios por la correlación estrecha que guardan con otras materias básicas y remitir los aspectos clínicos a ciclos superiores donde la materia podría impartirse en forma independiente e integrarse muy significativamente con un gran número de asignaturas clínicas. *Es sin embargo necesario recordar siempre la creciente dependencia de la bioquímica que se viene manifestando en todos los temas biomédicos; haríamos un pobre servicio a nuestros estudiantes si los preparamos primariamente para la aplicación de la bioquímica en áreas limitadas, sin proveer los medios para que asimilen las nuevas ideas y la información reciente que ciertamente modificará todos los campos del conocimiento médico”.*

3. METODOS DE ENSEÑANZA: TECNICAS Y ENFOQUES

Bases para seleccionar métodos. En este campo, la inquietud del Departamento para seleccionar métodos de enseñanza ha sido limitada. Se ha promovido el conocimiento general de los métodos de enseñanza y cada uno de los profesores selecciona el método adecuado para su grupo. El artículo establece que *los objetivos de los cursos son ideales que deben ser abordados pero nunca se consiguen plenamente. El contenido de los cursos es seleccionado por un lado sobre consideraciones idealistas y por el otro por razones tácticas.*

Además, se reporta en forma casi universal que *las reacciones de los estudiantes son un factor de*

control y que los métodos empleados deben motivar o forzarlos a trabajar sobre los objetivos académicos. Muchas personas se rehúsan a admitir hasta donde los estudiantes controlan la dinámica de los cursos y discuten sus métodos como si sus estudiantes se comportaran en forma ideal; la organización de los cursos bajo la suposición de que los estudiantes comparten los ideales de la Facultad, continúa en muchas partes a juzgar por la facilidad con la que se practica el auto-engañó.

Conferencias. En el artículo se hace notar que *la mejor arma educativa en bioquímica es la conferencia y se argumenta: de alguna forma los estudiantes están condicionados a aprender de las conferencias y ellos se sienten mejor escuchando esencialmente la misma información que pueden leer.* Por otro lado en el artículo se resalta que en este tipo de métodos los alumnos acostumbran tomar apuntes y los profesores enseñan lo necesario para contestar exámenes, además, en las conferencias el profesor es quien juzga la importancia de los temas. Este es el método que, en general en la Facultad, es el más empleado por los profesores.

Clases de participación. En el artículo viene una buena definición de la clase pasiva: *es la transferencia de información desde las notas del profesor a las notas del alumno sin pasar a través del cerebro de ninguno.* Nuestra impresión en este departamento es que resulta mejor tener clases con participación, a este respecto se han realizado intentos aislados pero se necesita un esfuerzo organizado, para lo que hace falta personal entrenado en investigación educativa.

Laboratorio. Se comenta que hay ejercicios que no tienen para los estudiantes un propósito aceptado como válido y son generalmente vistos como contraproducentes. *En vez de enseñar una técnica minuciosa y actitudes deseables, tales tareas frecuentemente resultan en la erosión de la integridad como lo ilustran datos ficticios o adulterados.* A este respecto hemos tenido experiencias similares y debemos ser concientes del uso del laboratorio para la comunicación informal con los alumnos.

El artículo también hace resaltar que *es importante inducir el entendimiento de la teoría de métodos preparativos y analíticos a la vez que propiciar experiencias con instrumentos de uso común.* Esta consideración se vuelve más importante en instituciones sin grandes recursos económicos, donde el equipo de trabajo puede ser limitado y muchas veces obsoleto. Coincidimos en que este es nuestro caso, el equipo que se tiene es pobre en tamaño y calidad, pero dado que en nuestro departamento

no se pretende enseñar técnicas rebuscadas, el equipo importa menos y es para nosotros más significativa la relación que se establece con el alumno a nivel informal, ofreciéndole ejercicios prácticos y sencillos.

Laboratorio seco. (Simulacro de laboratorio). Es un ejercicio en donde se dan problemas, se proponen técnicas y datos que se apegan al problema y se discute su significado. En nuestro sistema no es aplicable dado el nivel de preparación de los estudiantes e instructores, ya que este método supone entrenamiento previo de los estudiantes en el laboratorio real y un instructor experto en el campo.

Seminarios y tutorías. Los seminarios se pueden implementar cuando se tienen grupos pequeños, requieren de profesores cuidadosamente preparados en los temas a tratar y de la participación de los alumnos. A este respecto el artículo dice: *el elemento más importante en este método es la evaluación del nivel de conocimientos y comprensión del alumno, de tal forma que las deficiencias puedan ser corregidas antes de que afecten el aprendizaje subsecuente; por otro lado las tutorías son, como dice el artículo, un sistema que tiene el mayor potencial respecto a los demás métodos efectivos para la enseñanza. Aunque es el más caro en términos de tiempo del profesorado y en muchos lugares la relación desfavorable alumno-profesor hace físicamente imposible las tutorías individuales.*

En nuestro departamento, la enseñanza tutorial funciona a nivel de posgrado y de los denominados grupos de enseñanza activa, a otro nivel no se ha podido implementar, dado que el número de alumnos por profesor es de aproximadamente 25.

Estudio independiente. Para la psicología de los latinos éste método no se considera aplicable pues los estudiantes son de pensamiento conservador y este método implica madurez del estudiante, además de que en nuestro medio la retroalimentación social es desfavorable. En el artículo se afirma *actualmente el concepto de estudio independiente está siendo recomendado por más y más profesores de bioquímica como medio para preparar a los estudiantes para la vida después de la graduación, cuando cualquier aprendizaje que ocurra debe hacerse en forma independiente.*

Estamos de acuerdo en la opinión del documento revisado de que *el mayor impedimento psicológico a vencer por parte del profesorado es la compulsión a decir a los estudiantes todo lo que deben saber. En un sistema autodidáctico es evidente que la mayoría de los estudiantes no verán todo el mate-*

rial que se presenta en un curso formal; restaría saber si la falta de revisión del material seleccionado es una pérdida seria o ésta es compensada por los hábitos y habilidades de un producto autodidacta.

Libros de texto: *El libro de texto está tan firmemente situado como lo está la conferencia como parte integral de los cursos de bioquímica. En el artículo se menciona: No hay patrones universales. Un factor que se debe evaluar es la cantidad de información detallada. Si el texto se va a utilizar como fuente primaria de información, un exceso de detalle evitará que los estudiantes adquieran el panorama y la comprensión que obtendrán con menos material y más tiempo para trabajarlo. Por otro lado existen otros factores a tomar en cuenta, como son la claridad y precio de los libros. En el departamento no se recomienda un libro de texto único, se dá una lista de ellos y creemos que se debe considerar y dar para cada tema una bibliografía.*

Intercambio de Protocolos. Dado que no es sencillo el diseño de prácticas de laboratorio que ilustren conceptos importantes y que utilicen equipo de bajo costo, es deseable que los protocolos de prácticas que cumplan con estos requisitos sean difundidos a diferentes niveles, como sería a través del Boletín de Educación Bioquímica (BEB) o el Journal of Biochemical Education.

Textos programados. En bioquímica hay pocos textos programados y parece haber poco entusiasmo para expandir este método de aprendizaje. Existe material programado elaborado por profesores del departamento, en el que se cubren algunas unidades del curso, se utilizan textos cortos y preguntas que deben resolver los alumnos. A los alumnos en general les gusta trabajar este tipo de unidades y las consideran útiles.

Aprendizaje ayudado con la computadora. En el artículo se hace notar que *el papel más importante de la computadora en la enseñanza ha sido como una fuente de información. Se cita que hay optimismo acerca de que la enseñanza rutinaria sea reemplazada por programas de interacción. Y si bien se plantea la posibilidad de desarrollar juegos de video para resolver problemas bioquímicos, en nuestro país es difícil de implementar este sistema en vista del alto costo involucrado.*

Otras técnicas. En el Departamento de Bioquímica de nuestra Facultad se ha propiciado la creación de unidades audiovisuales en forma sistemática, se facilita también la impresión de videocinta, este material se considera de apoyo, no es sustituto de la clase o del profesor; por lo que generalmente el

profesor que lo utiliza está presente durante la proyección. En nuestro departamento se ha utilizado también con éxito la correlación clínica en lo que se coincide con lo citado en el artículo. *En las escuelas médicas una forma popular para estimular el interés del estudiante es la correlación clínica, en la cual un clínico ofrece una conferencia sobre alguna materia que incluya información bioquímica. Es difícil asegurar el efecto que estas sesiones tienen en el desempeño estudiantil en el curso de bioquímica, pero en la mayoría de los casos mejora la actitud del estudiante hacia los profesores.*

Estrategias para grupos grandes en escuelas con pocos profesores. En este sentido hay grandes incongruencias en el sistema, dado que se hacen escuelas abiertas a las clases sociales menos favorecidas, a manera de medida política; de tal forma que se busca dar la impresión de utilizar la escuela de manera más eficiente con la formación de grupos mayores que generalmente abaten el rendimiento y el aprendizaje del estudiantado. *Es por demás difícil convencer a los miembros de la sociedad de que ellos y la sociedad misma son las principales víctimas de los sistemas educativos deficientes.*

La forma en que se ha intentado resolver el problema del profesorado en el departamento es teniendo como ayudantes de clase a estudiantes avanzados lo que ha dado buenos resultados a largo plazo.

4. EVALUACION

Objetivos de la evaluación. Es necesario precisar los objetivos que se persiguen con la evaluación ya que se pueden evaluar diferentes aptitudes o capacidades, incluso el objetivo del examen pueden ser no evaluativo; es importante que el profesor y el alumno estén concientes de que algunos de los objetivos pueden ser:

Información. Dado que la mayoría de los cursos están organizados principalmente para facilitar la adquisición de información, la mayor parte de los exámenes están diseñados para evaluar la cantidad de información adquirida por el estudiante. En nuestro caso la tendencia es disminuir el número de preguntas que evalúen únicamente información.

Comprensión. Es un nivel más elevado del conocimiento donde se supone que el material se ha entendido y no solamente memorizado.

Correlación. El alumno debe establecer relaciones o utilizar la información para contestar las pregun-

tas. En el departamento se realizan exámenes de este tipo y creemos que el nivel de conocimiento que se mide es el de comprensión, pudiéndose evaluar conceptos.

Solución de problemas. *El uso final de la información bioquímica está encaminado a la solución de problemas. La justificación de esta prueba es que la información aislada es estéril y que el único propósito de adquirir información en una ciencia es para aplicarla a la solución de problemas.*

Si bien, en nuestros exámenes se plantean preguntas como problemas a resolver, no estamos en el caso de resolución de problemas numéricos complicados o de alto nivel, ni se pretende explorar la aplicación de la bioquímica a la solución de problemas del campo profesional médico.

Propósito de la evaluación. En el artículo se citan tres objeciones al sistema tradicional de calificaciones: La primera consiste en la falta de precisión en el caso de distinciones finas, cómo sería el definir a un alumno como superior a otro. La segunda es que este tipo de exámenes no evalúa objetivos diferentes a la información y que son de valor para algunos profesores. La tercera es al sistema de evaluación en sí, el cual desvía al alumno de los intereses profesionales y lo centra en la calificación.

Autoevaluación. *Se define como un medio para que los alumnos determinen su progreso sin sanción. En el Departamento de Bioquímica hemos pensado en la edición de un manual de reactivos que funcione como una instancia para la autoevaluación más bien que como una medición del éxito probable en los exámenes departamentales. Pretendemos superar con ésto la falta de recursos en computación para su uso directo por los estudiantes.*

Usos no evaluativos de los exámenes. Los exámenes se pueden utilizar como un medio para el sondeo de áreas que no se están cubriendo adecuadamente en el programa o como un método de unificación de criterios de evaluación en el caso de exámenes departamentales. El artículo cita que: *el aumentar el número de exámenes puede redundar en perjuicio para el estudiante, ya que al imponer exámenes muy frecuentes se puede entablar competencia entre los diferentes departamentos o bien, destruir la actitud de colaboración de los estudiantes.* En el Departamento de Bioquímica, se deja libertad al profesor para fijar el número y la fecha de sus exámenes, ya que cada grupo necesitará de diferentes estímulos para lograr su máximo rendimiento; los exámenes que se proponen como eventos obligatorios son dos departamentales y dos finales.

Una práctica menos objetable es el uso de los exámenes departamentales como exámenes de certificación. En general, los estudiantes desean esta experiencia. Una reacción negativa a esta práctica es que puedan degradar el curso al exagerar la importancia relativa de los exámenes como una meta, en vez de los objetivos del curso discutidos con anterioridad. Una situación de compromiso es el ofrecer exámenes de práctica, en un acuerdo voluntario para servir a los intereses profesionales del estudiante, pero haciéndolo como una concesión, no como parte del curso.

METODOS DE EVALUACION.

Exámenes orales. Son teóricamente muy versátiles y pueden evaluar cualquiera de los objetivos de la educación, pero en realidad se usan para casos muy específicos, permiten sondear con más precisión el volumen de información, su comprensión, la literatura revisada y su utilización en la resolución de problemas. *El gran entusiasmo mostrado por los exámenes orales proviene de profesores que emplean esta arma al inicio del curso y utilizan los resultados de la discusión como guía a los estudiantes para vencer sus deficiencias y remediar las debilidades del curso.*

Este tipo de prueba da su mejor servicio en exámenes de tipo tutorial y sirve de retroalimentación, dada la interacción personal que se establece, aunque tienden a ser poco objetivos y sujetos a prejuicios personales. En el Departamento no se utiliza este tipo de exámenes dado el volumen de estudiantes por grupo que se manejan.

Exámenes escritos. Preguntas por tema. Las hay con diferentes finalidades: desarrollo de temas sobre lo que se sabe, argumentación a favor o en contra, comparación, análisis de experimentos, etc. y que pueden ser con la extensión de un párrafo o de varias hojas.

Las ventajas de preguntas por temas incluyen la oportunidad para el estudiante de resumir una gran cantidad de información detallada, en la medida que la recuerde y usando los hechos para demostrar conceptos entendidos. Por otro lado, el resultado del examen se verá influenciado por la presentación, ortografía, sintaxis, escritura, etc. y presentará dificultades para calificarse en grupos grandes aún cuando las respuestas sean permanentes, ya que se evaluarán con diferentes criterios, dependiendo del estado de ánimo del profesor, pudiendo ser poco objetivos.

Respuestas cortas. Este tipo de examen es relati-

vamente más objetivo y se presta para enfatizar la información basada en datos.

Exámenes objetivos. En este tipo de examen se eliminan los elementos subjetivos; se dan respuestas de verdadero o falso, o bien de opción múltiple; se califican con matriz u ordenador y las preguntas y opciones deben ser rigurosamente seleccionadas y redactadas. Se han utilizado con problemas o experimentos anotándose que la mayoría de estos exámenes no toman en cuenta el razonamiento, se prestan para examinar una extensa temática y aunque pueden contestarse sin un conocimiento real, son muy útiles para grupos grandes.

En nuestra experiencia figura el utilizar exámenes objetivos, pero más bien de correlación que de opción múltiple. En ellos el alumno no simplemente selecciona una respuesta, sino que correlaciona una opción con un razonamiento establecido.

Problemas. En este sistema es más importante seguir un razonamiento que obtener un resultado preciso; en el Departamento no lo utilizamos.

Exámenes individualizados. Este tipo de examen no es objetivo, pero se puede usar para evaluar el aprovechamiento de la lectura de bibliografía y su utilización en la exposición de algunos temas con diferentes métodos a manera de muestra de integración.

Evaluación no estructurada. Este tipo de evaluación, requiere de grupos pequeños con profesores capacitados, en donde se mantiene una estrecha relación alumno-profesor, de tal forma que se puede evaluar el progreso en el aprendizaje del contenido y uso de la bioquímica. Debe incluir discusiones, seminarios, análisis de artículos y evaluaciones continuas de tal forma que la evaluación final sea la suma de los pequeños esfuerzos. El método es subjetivo y se tiene poca confianza en el juicio del comportamiento individual, además de que requiere actitudes apropiadas y mucha habilidad de parte del profesor.

Frecuencia y tiempo de las evaluaciones. El artículo cita desde el punto de vista de la bioquímica, los exámenes realizados al completar el curso y que solamente tienen como propósito la certificación, contribuyen muy poco al objetivo de hacer la disciplina útil.

En el Departamento no existe reglamentación respecto a la frecuencia de los exámenes parciales ni de su contenido, esto únicamente se efectúa en globales acumulativos, (1o. y 2o. departamental),

para los cuales se fija la fecha y se establecen los contenidos. Por otro lado estamos de acuerdo en lo citado en el artículo donde dice, *sin embargo, los objetivos a largo plazo en la enseñanza de la bioquímica, serán alcanzados únicamente cuando los estudiantes sean de alguna forma maduros para aprender la materia como una parte importante en su propio desarrollo.*

¿Quién debe fijar los estándares? En algunas universidades no existe una supervisión significativa del contenido y la forma de llevar a cabo la enseñanza, por lo que se hace necesaria la presencia de un estándar como supervisión exterior en los aspectos de educación y de evaluación de los graduados. En el artículo se hace notar que *el ejemplo más conspicuo de esta extrapolación se observa en el examen del Consejo Nacional de Aplicadores de Exámenes en los Estados Unidos. A pesar de la advertencia en cada publicación de esta organización, que enfatiza que sus exámenes no intentan substituir a los exámenes internos, hay grandes presiones para usar los exámenes externos como la medida más válida. ¿Es ésta una forma deseable de evolución de un sistema educativo?*

Como en el artículo se cita una fuerte objeción al uso de expertos externos, es que lo son en el cómo; no en el qué se ha de enseñar. En un campo que cambia rápidamente, se puede argumentar que cada instructor debe usar su juicio acerca de qué es lo importante que los estudiantes sepan y estar capacitado acerca de lo que es efectivo en su curso.

Por otro lado también se afirma: *Si un profesor experto en algún campo no es más competente que otros bioquímicos en el diseño y conducción de sus cursos ¿Quiénes entonces, son los expertos que deben señalar los estándares?* En el Departamento pensamos que un examen profesional bien diseñado puede utilizarse como estándar externo.

Banco de preguntas: Existe en los Estados Unidos un banco de preguntas de opción múltiple, operado por computadora, que permite una gran cantidad de acciones en relación con los reactivos; estos bancos deben tener un gran número de preguntas para ser efectivos. En nuestro departamento está en elaboración un banco de preguntas que incluye aproximadamente 2500 reactivos.

Impacto de los exámenes en el comportamiento de los estudiantes. Se ha hablado extensamente de que los exámenes sirven para medir los resultados del programa de enseñanza, pero hay que reconocer que muchas veces el estudiante tiende a organizar

su tiempo para preparar sus exámenes y no para lograr los objetivos de la materia, lo cual es negativo, por lo que estamos de acuerdo con el artículo en que *el éxito final puede alcanzarse cuando los estudiantes perciben que sus objetivos para obtener buenas calificaciones coinciden con los objetivos del profesorado para hacerlos competentes en bioquímica*. De tal manera que se desea cambiar el comportamiento del estudiante, cambiando sus hábitos de estudio.

Un efecto negativo en el comportamiento de los estudiantes es la tendencia al fraude, esto se ha controlado en algunas escuelas mediante la individualización de exámenes, pero en nuestro caso ésto es muy difícil dado el número de estudiantes examinados. A este respecto estamos de acuerdo con el comentario del artículo. *¿Cómo se puede esperar que los estudiantes sean estrictamente honestos en sus labores profesionales cuando aprenden de su experiencia en clases que el fraude gratifica? La integridad de los médicos, quienes tratan con vidas humanas, es todavía más importante en muchas escuelas médicas donde el fraude parece ser predominante.*

Así que los estudiantes se quejan de que los exámenes no son objetivos, que restringen su libertad, etc., *esta refutación debe alertar a los profesores a utilizar los métodos que consideren más efectivos, la vida más allá de la Universidad no se encuentra ordenada y bella y cualquiera es constantemente evaluado por sus asociados.*

5. EL LUGAR DE LA BIOQUIMICA EN DIVERSOS CURRICULA.

Función de los cursos introductorios. En los cursos existentes de bioquímica se supone que los alumnos tienen suficiente familiaridad con la química de los compuestos del carbono, como para entender las discusiones sobre las estructuras y reacciones de los azúcares, aminoácidos o los ácidos grasos, además de ser capaces de manejar conceptos tales como ionización, equilibrio, oxidación y otros elementos básicos de la química utilizados en la bioquímica. Así mismo, otros fundamentos de la química se enfatizan en muchos cursos de bioquímica, tales como pH y potenciales redox. Existe cierta resistencia para modificar los cursos establecidos de bioquímica con el objeto de compensar las deficiencias en la preparación de los estudiantes, y la razón es que el tiempo disponible para la bioquímica resulta ya inadecuado para cubrir la gran cantidad de información importante, que es imposible distraer tiempo y energía para enseñar lo que debería haberse aprendido antes. *Así, se forza al estudiante a con-*

centrarse en el material tradicional de la bioquímica, aún cuando no entiende realmente el significado de lo que está aprendiendo, como en una situación de nadar o ahogarse.

La solución tradicional al problema de la preparación para los cursos de bioquímica es la organización de cursos introductorios. Este problema es un punto fundamental en nuestro medio. El Departamento de Bioquímica recibe alumnos muy mal preparados en las áreas básicas de la ciencia y además mal orientados. La necesidad de compensar deficiencias es muy grande e importante y aunque se han realizado esfuerzos por mejorar la preparación previa del estudiante los cursos introductorios han significado el sacrificio del 25% del tiempo destinado al material del curso de bioquímica. Sería deseable una mejor coordinación con los cursos correspondientes de la preparatoria para cubrir esas deficiencias y/o la implantación de cursos premédicos en las universidades.

Cursos propedéuticos. En ocasiones, es posible ofrecer cursos intensivos sobre temas selectos de química general y orgánica o bien anticipar algo del contenido de la bioquímica, a un grupo de estudiantes pobremente preparados antes de su entrada a los cursos regulares. La utilidad de tales cursos ya ha sido demostrada. *Las publicaciones indican que los cursos propedéuticos capacitan al estudiante para tener más éxito que el grupo control, el formado por aquellos invitados a participar pero que no lo hicieron.*

En este campo se carece de experiencias en nuestro medio, pero se considera la conveniencia de hacer estos cursos en vista de las conclusiones del grupo.

Auto-educación en fundamentos de química. El principal objetivo es desarrollar la habilidad para reconocer la necesidad de información adicional y satisfacerla de una manera rápida. Estos intentos orientados pueden incluir información química básica y algo de bioquímica; crean confianza y hábito en el estudiante para llenar pequeñas lagunas en su preparación.

Al considerar el condicionamiento de casi todos los estudiantes por sistemas educacionales orientados hacia los exámenes, es muy poco probable que los estudiantes, salvo una pequeña minoría, tengan la iniciativa de ir más allá de la estricta información requerida por el examen. Se sugirieron alternativas usadas por los profesores, una es la educación tutorial y otra el diseño de pequeños problemas que profundicen en la química básica. Una conclusión

interesante del grupo de profesores fué que *siempre debe recordarse que la auto-educación es el objetivo último del curso y que los estudiantes deben ser enseñados y ayudados a desarrollar la habilidad y el deseo del aprendizaje independiente.*

La U.N.A.M. intenta estimular la auto-enseñanza a través de los programas de la universidad abierta, y es de lamentarse la poca difusión y tiempo específico para su desarrollo. Este y otros aspectos de la mala distribución del tiempo disponible por el estudiante, se ve propiciado por la desorganización interna de las instituciones más preocupadas por la burocracia que por la educación.

Mantenimiento del interés. *Un problema que se reconoce poco es cómo mantener el interés de los mejores estudiantes o de aquellos que han tenido una experiencia previa en bioquímica, quienes se pueden aburrir en un curso que no constituye un reto a su inteligencia.*

Se han propuesto varias soluciones, las cuales deben ser evaluadas con más información procedente de varias instituciones

1) Cursos paralelos. Pueden ser cursos más elaborados, rigurosos o avanzados para aquellos estudiantes con experiencia previa. Otra variante para estudiantes de medicina es dividir el curso general en dos partes, una introductoria y otra orientada a la clínica; los estudiantes avanzados podrán empezar en la segunda parte, seguida de proyectos individuales de profundización en la bioquímica, mientras sus compañeros terminan el curso.

2) Auto-enseñanza. Ya sea tutorial u orientada a la solución de problemas.

3) Literatura. puede proveer de nuevas y excitantes experiencias a los estudiantes avanzados.

4) Estudiantes-tutores. Grupos organizados de estudio donde los estudiantes avanzados son responsables de la asistencia a otros.

En nuestro medio se ha mostrado poco interés en este problema y esporádicamente se han hecho intentos para resolverlo. Debe reconocerse que el problema existe y que deben planearse actividades interesantes para los estudiantes avanzados. En la Facultad de Medicina se han realizado intentos fallidos de cursos orientados a la clínica y se han obtenido buenos resultados con los estudiantes tutores.

Integración de la bioquímica en la educación pro-

fesional. *Uno de los problemas más apremiantes para muchos maestros en las escuelas profesionales es que los estudiantes perciban el curso de bioquímica como relevante. Se propusieron varios enfoques para conciliar los puntos de vista del profesor y los estudiantes.*

Las soluciones no recomendadas por su poco éxito son: (a) un médico invitado al curso para que exhorte a los estudiantes a tomar en serio la bioquímica y (b) un médico que participe como bioquímico en el departamento sin tener preparación en esta materia.

Otras opciones más recomendables fueron (a) las correlaciones clínicas en donde el médico discute problemas de su especialidad incluyendo el papel de la bioquímica; (b) organizar el curso alrededor de una serie de problemas; (c) hay instituciones en las cuales se han abandonado los cursos tradicionales en favor de la integración de la bioquímica a cursos orientados a la solución de problemas profesionales; (d) las discusiones clínicas en las que participan bioquímicos y estudiantes y (e) finalmente resulta interesante la especulación acerca de reorganizar la educación profesional y colocar la bioquímica en años más avanzados. *La dificultad obvia con esta idea es que casi todos los estudios biológicos dependen grandemente de la bioquímica, de manera que esta materia debe estar entre las iniciales. La respuesta lógica al dilema es un segundo curso en años posteriores, lo cual es poco probable que sea implementado en la mayoría de las universidades, donde siempre hay una gran competencia entre departamentos por una mayor participación en los currícula.*

Una posibilidad aún no ensayada es el establecimiento de una lógica bioquímica en los sistemas de enseñanza en la cual la bioquímica se introduce en problemas de otras áreas.

Nuestro departamento tiene una buena experiencia en la discusión de correlaciones clínicas en la clase y en la elaboración de unidades de autoenseñanza, ésta última posibilidad no fue discutida por el grupo, pero la buena aceptación del sistema lo impulsa a ampliar y mejorar este enfoque. En nuestro medio hay muchos médicos recibidos que desean tomar clases de bioquímica y miembros del departamento han participado en la implementación de un segundo curso de bioquímica a nivel de médicos residentes. Sería deseable el inicio de discusiones de correlación clínica en los hospitales y el Departamento de Bioquímica estaría abierto para este tipo de invitaciones.

Nuevas relaciones profesionales. Aunque en nuestro país éste fenómeno es incipiente, la aplicación comercial de varios avances de la bioquímica ha creado demanda de tecnólogos con orientación bioquímica en áreas tales como tecnología del DNA recombinante y la ingeniería genética, investigación en biología celular, virología, inmunología, tecnología de enzimas inmovilizadas para la producción química, interacción con ingenieros químicos e ingenieros bioquímicos, etc.

Reclutamiento. *Para mantener el número de investigadores, educadores analistas y trabajadores de industrias basadas en la ciencia, debe atraerse a los estudiantes competentes hacia las carreras en bioquímica. Los cursos formales no sirven de mucho sino que se requiere de una asociación personal cercana entre el profesor y el alumno, a través de la participación del estudiante en la investigación dirigida por el profesor. La meta debe ser el grado de maestría o doctorado en bioquímica.*

En general éste ha sido el método utilizado en nuestro departamento y en casi todas las instituciones de investigación, pero es deseable que esta actividad se fortalezca, se organice, se le apoye y se extienda hacia otras áreas científicas.

6. EVALUACION DE LOS CURSOS.

Capacidad del personal académico. *Es tan difícil para los bioquímicos como para otras personas ser autocrítico. En toda la discusión precedente se supuso tácitamente la absoluta competencia del personal académico. Y es también verdad de que las calificaciones (del personal académico) no se basan en un entrenamiento formal sino en las actividades profesionales. Muchos de los grandes investigadores han sido médicos, pero recientemente existe una mayor participación de químicos orgánicos, físicos y de varias disciplinas biológicas. Pero aunque no hay manera de establecer un criterio de capacidad basado en la carrera del profesor, existe consenso en que la competencia requiere de la actividad profesional ininterrumpida. En general, esto significa trabajo activo en investigación original. Se ha reconocido como un problema serio la existencia de departamentos de enseñanza que no proveen facilidades para la investigación, es un problema del cual la comunidad bioquímica internacional debería preocuparse.*

A este respecto la situación del Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina no es mala. El 50% de sus profesores están involucrados en la investigación activa. Aunque esta situación es el resultado de una inquietud consciente y permanente

desde hace muchos años, por desgracia, esta actitud no se refleja en todos los departamentos de la Facultad y en la mayoría de las instituciones de enseñanza superior del interior del país.

Exito a largo plazo. *Los científicos se colocan en una situación anómala cuando se convierten en maestros, trabajan fuerte y conscientemente y... eso es todo. No hay medida de lo que se ha logrado. No hay una evaluación de la significación a largo plazo y hay acuerdo general de que los objetivos a largo plazo son los únicos importantes en los cursos de bioquímica. Esto, por supuesto, es verdad para todos los cursos universitarios y la educación profesional; se hacen evaluaciones a corto plazo a través de encuestas aplicadas a los alumnos y en ocasiones se utilizan para calificar al profesor. En la mayoría de los lugares la relación entre profesores y estudiantes es de confrontación, en donde ambos grupos desconfían de los motivos del otro. En pocos lugares, con una relación alumno-profesor baja y con extensas discusiones en clase, los estudiantes pueden contribuir en forma positiva a la evaluación tanto del curso como del profesor. Sin embargo, la conclusión general del grupo es que los estudiantes no están en posición de hacer juicios válidos acerca del contenido, relevancia u objetivos de un curso y que sus opiniones en gran parte son reacciones emocionales a las personalidades o bien reflejos de frustraciones personales.*

Varios países tienen exámenes estandarizados como el del National Board of Medical Examiners de los Estados Unidos de America, que se han utilizado para evaluar un departamento por los administradores escolares y aunque el NBME ha enfatizado repetidamente que sus exámenes no tienen ese propósito, los administradores persisten en utilizar este pobre instrumento, pero el único estandar externo que tenemos.

Entonces, no existe hasta el momento una medida aceptada para calificar el éxito de un departamento y se recomendó que el Comité de Educación de la Unión Internacional de Bioquímica (IUB) consulte con comités similares de otras organizaciones nacionales e internacionales para buscar soluciones a este problema que ha resistido todos los esfuerzos hasta ahora. Es posible que México pueda y deba participar, a través de la Sociedad Mexicana de Bioquímica y del Boletín de Educación Bioquímica, en el diseño de métodos significativos para evaluar los resultados a largo plazo de los esfuerzos educacionales.

ASPECTOS DE LA REPARACION DE DNA EN PROCARIOTES

Jorge Vázquez Ramos. División de Estudios de Posgrado, Depto. de Bioquímica Vegetal, Fac. Química, UNAM.

La preservación de la continuidad genética fue en algún momento considerada como una propiedad de la estabilidad inherente al DNA aunque actualmente se sabe que los procesos de reparación son esenciales para esta continuidad. Esto es debido a que el DNA en las células de cualquier organismo está constantemente expuesto a la acción dañina de agentes químicos y físicos. La reparación de este daño es por tanto una función vital para las células ya que dependiendo del tipo y magnitud de daño, la célula puede sufrir desde una mutación silenciosa, no expresable, hasta la pérdida total de funcionalidad. Es interesante que la evidencia actual aumenta en cuanto a la relación que existe entre los tipos de reparación de daño al DNA y fenómenos como la mutagénesis y el cáncer.

El propósito de este ensayo no es revisar este extenso campo, sino concentrarse en algunos puntos de la reparación de procariotes. La enzimología y mecánica de algunos tipos de reparación han avanzado mucho últimamente y es alrededor de esta área donde se va a centrar el presente ensayo. El conocimiento que se tiene de los procesos de reparación en procariotes, aunque no completo, es mucho más vasto que el que se tiene de eucariotes y esto se debe a una razón bastante poderosa: el DNA de eucariotes está empaquetado dentro de una estructura bien definida que es el nucleosoma, mientras que el de procariotes no presenta una asociación regular y definida con proteínas. No obstante, se ha podido obtener información referente a los tipos de reparación en eucariotes, y en particular en mamíferos, debido al hecho de que ciertos desordenes genéticos en humanos, se deben a fallas en los sistemas de reparación del DNA. Para información referente a reparación en eucariotes revisar citas 1 y 2.

TIPOS GENERALES DE DAÑO AL DNA.

Se han definido dos tipos de daño al DNA: el extraduplicativo y el intraduplicativo. En el extraduplicativo hay modificación química de uno o más nucleótidos en la molécula. Esto es producido generalmente por mutágenos químicos o análogos de bases por alquilación o sustitución. Estos nucleóti-

dos modificados representan daño extraduplicativo que pudiera producir mutaciones, pero que no tienen ningún efecto en la subsecuente duplicación de la molécula de DNA.

El daño a la estructura física de la molécula de DNA conduce a profundos efectos intraduplicativos. Los tratamientos de mutagénesis de este tipo, producen estructuras como los dímeros de pirimidinas intracatenarios, formados en respuesta a luz UV, o bien puentes cruzados intercatenarios formados por moléculas como el psoralen al tratarse previamente las células con luz UV de longitud de onda larga. No es posible para la DNA polimerasa III el duplicar áreas de DNA que contienen estos dímeros o regiones cruzadas.

REPARACION DE DNA EN PROCARIOTES.

Son de diversos tipos de reparación del DNA que se han identificado en bacterias. Si consideramos a la luz UV como el agente productor del daño al DNA, tendremos entonces tres tipos de reparación, que en general resuelven el daño causado por la gran mayoría de los agentes químicos y físicos que alteran al DNA.

- a) Fotorreactivación.
 - b) Reparación de tramo pequeño.
 - c) Reparación de tramo largo o reparación SOS.
- a) Fotorreactivación.— El gene *phr* es el que codifica la enzima responsable de este tipo de reparación, a la que se llama enzima fotorreactivadora. Este tipo de reparación fue el primero en ser descrito para DNA y posiblemente sea el más primitivo en el sentido evolutivo. La fotorreactivación remueve los dímeros de pirimidina producidos por luz UV mediante la monomerización *in situ*. La enzima fotorreactivadora absorbe energía de radiación de luz UV de onda larga (arriba de 300 nm), la cual utiliza para convertir los dímeros en monómeros, con un máximo para los dímeros de 360 a 370 nm (3). La enzima misma

debe ser la responsable de la estructura de absorción o cromóforo. Ya que el esqueleto propiamente dicho del DNA no sufre daño alguno; a este tipo de reparación se le llama libre de errores.

b) Reparación de tramo pequeño.— En este tipo de reparación el daño es corregido mediante la remoción de una porción del DNA. La reparación depende de los productos de los genes *uvrA*, *uvrB*, *uvrC*, *uvrD*, *polA* y *lig*. Una endonucleasa de corrección o correndonucleasa II será la que lleve a cabo la incisión en el DNA dañado por la luz UV. La enzima está codificada en los genes *uvrA* y *uvrB*. La enzima se une fuertemente solo al DNA que ha sido irradiado con UV y no al DNA normal. En *E. coli*, esta enzima tiene un peso molecular de aproximadamente 14 000. La incisión ocurre en el extremo 5' del dímero de pirimidina, dejando un extremo 3' OH, lo que facilita la reparación (fig. 1). El producto del gene *uvrC* aparentemente funciona evitando que el corte hecho por la correndonucleasa se reselle antes de ser reparado (4).

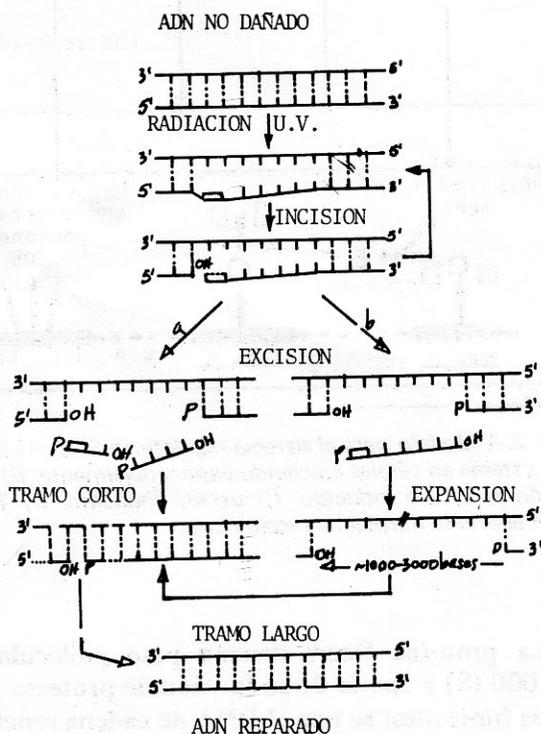


Fig. 1.— Modelo para la Reparación por corte y escisión a) Reparación de tramo corto; b) Reparación de tramo largo.

El gene *polA* codifica para la DNA polimerasa I, la cual se encarga, con su función de exonucleasa 5' - 3', de remover el extremo libre de la cadena sencilla producido por la correndonucleasa. Las mutantes en la DNA polimerasa I son más sensibles a la radiación ultravioleta y a otros tipos de

daños que las células silvestres o no mutantes. Esta misma enzima lleva a cabo el rellenado del hueco derivado de su acción exonucleolítica. El hueco es generalmente pequeño de 10 a 30 nucleótidos, (fig. 1). La mayoría del DNA reparado en bacterias irradiadas con luz UV se debe a la acción de la DNA polimerasa I. Las mutantes en esta polimerasa tendrán que reparar su DNA predominantemente por medio de la reparación de tramo largo.

Por último, la acción de la polinucleótido ligasa (*lig*) sellará el corte inicialmente producido por la acción de la endonucleasa, obteniéndose así un DNA covalentemente cerrado, reparado. El producto del gene *uvrD* no ha sido bien caracterizado pero se supone que posee alguna función reguladora de la reparación.

c) Reparación de tramo largo o reparación SOS.— Sin embargo, cuando el daño al DNA no pudo ser reparado ni por la fotorreactivación ni por la reparación de tramo corto, es inducido un proceso que involucra el corte de un fragmento mayor de DNA. En este proceso intervienen las enzimas de recombinación *rec* y es el llamado reparación de tramo largo. El proceso que usa *E. coli* para manejar este tipo de situaciones de daño a regiones grandes de DNA se llama inducible o reparación SOS porque se supone que ocurre sólo cuando la célula no puede completar la reparación vía el camino de tramo pequeño. La reparación SOS no es una sola función sino que incluye respuestas variadas como habilidad para reparar dímeros de pirimidinas, inducir profagos, capacidad de reactivar fagos dañados por UV o efecto Weigle, retardar la formación del septo durante la división celular y apagar la respiración; todos ellos coordinadamente regulados. No obstante, este sistema de reparación inducible, al reparar tramos grandes de DNA podría insertar bases incorrectas. El sistema SOS es por lo tanto frecuentemente referido como reparación propensa a errores a diferencia de la del tramo corto que es básicamente libre de errores. Una proteína, el producto del gene *recA* juega un papel central tanto en la reparación SOS como en la recombinación.

Los genes involucrados en este tipo de reparación son al menos los siguientes: *uvr*, *lexA*, *recA*, *recBC*, *ssb*, *dnaE*, *polB*, *xseA* y *lig*. El modelo de acción sería como sigue: la endonucleasa de corrección se requiere, como en el caso de reparación de tramo corto, para producir la incisión. A esto seguiría una excisión de 10 a 30 bases, hueco suficiente para que la DNA polimerasa I resintetice la porción removida; sin embargo, en ausencia de la polimerasa I en mutantes *polA* o

bajo ciertas condiciones adversas como un daño en exceso, la DNA polimerasa III (*dnaE*) o la DNA polimerasa II (*polB*) tendrían que resolver el problema que la polimerasa I no alcanzó a resolver. Ahora bien, estas enzimas no se unen a DNA con cortes simples, sino que requieren huecos en el DNA para unirse (5). Este espacio, que puede ser de 1 000 a 3 000 nucleótidos, pudiera ser la obra de varias exonucleasas actuando cooperativamente: la función 5' - 3' de la DNA polimerasa I, la exonucleasa V (*recBC*) y la exonucleasa VII (*xseA*). Una vez producido el hueco, esta extensa región de DNA de cadena sencilla resultante, debe ser protegida de la acción de las endonucleasas. Las proteínas de unión al DNA de cadena sencilla o proteínas SSB (*ssb*) parecen cumplir esta función. Por último, la DNA polimerasa III o quizás en algunas ocasiones la DNA polimerasa II rellenaría el hueco y la ligasa (*lig*) lo sellaría (fig. 1). La reparación de tramo largo se encuentra bajo control de los productos de dos genes: *lexA* y *recA* y la forma en que está regulada es más bien compleja aunque más y más evidencia comienza a esclarecer el mecanismo de la regulación. La proteína LexA reprime a un conjunto de al menos 11 genes dispersos, incluyendo al de la proteína RecA y a sí mismo, mientras que la proteína RecA se activa como proteasa por medio de una señal de inducción aún desconocida e inactiva específicamente a algunos represores como LexA y el represor del fago lambda entre ellos. De hecho, la inactivación del represor y la activación de la proteasa serían los eventos primarios de la respuesta SOS y los demás eventos serían manifestaciones secundarias de una respuesta inicial (6).

Una característica importante del sistema regulatorio SOS es que funciona para ajustar el estado fisiológico de la célula. Puede alternar a la célula entre dos estados: apagado, en el que la proteína LexA reprime sus genes y prendido, en la que éstos genes se expresan a niveles altos. El cambio de estado parece ser libremente reversible. Ahora bien, cuando existe daño al DNA o se ha detenido la síntesis del mismo en células que están creciendo exponencialmente, se dispara una señal inductora del estado SOS. Es ésta señal la que reversiblemente induce la actividad de proteasa de RecA, degradando al represor LexA. Por lo tanto, los genes bajo control de LexA se expresan a su máximo nivel; así también lo hacen las funciones secundarias englobadas en el sistema SOS. Finalmente cuando el DNA es reparado, el nivel de la molécula inductora decae, desapareciendo también la actividad de proteasa de RecA y se acumula nuevamente LexA, re-

primiendo a su vez al sistema (7). El nivel de actividad del sistema es por lo tanto controlado por el nivel de proteasa (fig. 2).

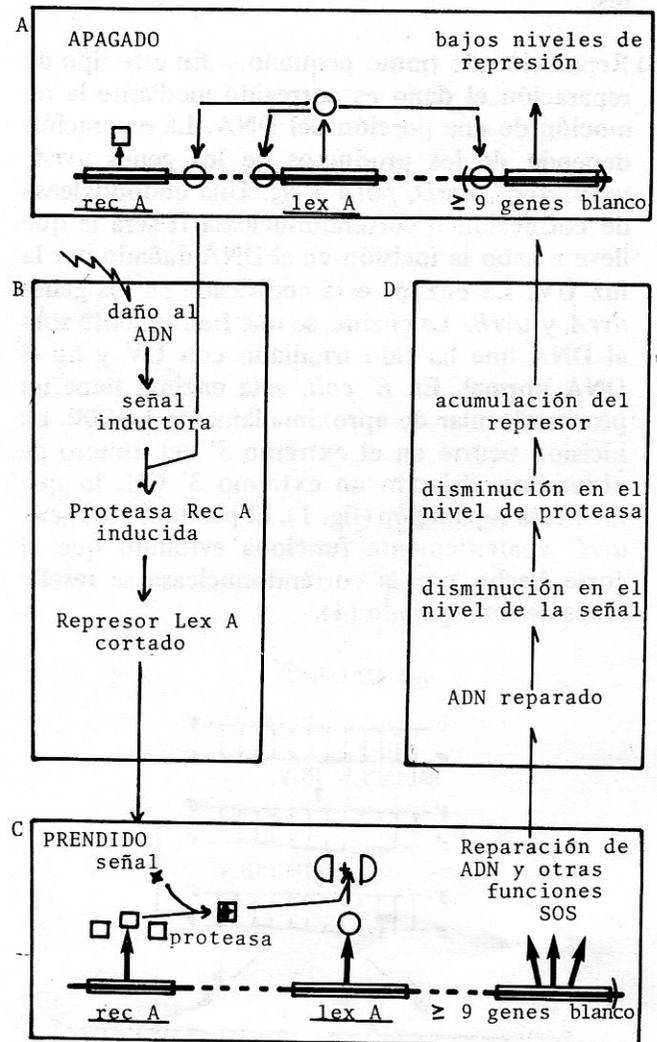


Fig. 2.— Modelo para el sistema regulatorio SOS A) Estado del sistema en células creciendo exponencialmente. B) Transición al estado inducido. C) Estado inducido. D) Transición al estado normal de crecimiento.

La proteína RecA tiene un peso molecular de 40 000 (8) y aparte de su función de proteasa tiene otras funciones: se une al DNA de cadena sencilla o de cadena doble, hidroliza ATP o dATP y UTP o dUTP; renaturaliza de DNA de cadena sencilla complementaria para formar DNA de doble cadena y asimila DNA de cadena sencilla a DNA homólogo de cadena doble para formar asas D. Todas estas funciones parecen estar orientadas a promover recombinación normal de DNA, pero podrían también intervenir en la reparación de la recombinación del DNA.

El nivel normal de la proteína RecA es de 2 000 moléculas por célula; el nivel inducido es de aproximadamente 50 000 moléculas por célula, lo que corresponde a cerca del 6 por ciento del total de la proteína celular (9). Es interesante, el nivel constitutivo de RecA el cual es suficiente para llevar a cabo recombinación genética; esto es, no se requiere inducción de SOS para que se lleve a cabo la recombinación normal.

El represor LexA es capaz de unirse a los operadores de genes tales como *recA*, *lexA*, *uvrA*, *uvrB*, *dinA* y *dinB*. La secuencia a la que se une es similar en cada caso (cerca de 25 bases) y se le ha llamado caja SOS. Se une con mayor fuerza a otros operadores que al del gene que lo codifica y por lo tanto es autorregulable. Cuando RecA se induce como proteasa, rompe al represor en dos péptidos reconociendo el dipéptido ala-gli. Esto sucede de manera similar con el represor del fago lambda, al que corta en forma semejante.

Parece que también el RecA controla la actividad exonucleolítica de la proteína RecBC o exonucleasa V. La forma en que lo logra no es clara, aunque las proteínas SSB (de unión a cadena sencilla), parecen participar importantemente ya que la degradación de DNA por la exonucleasa V en mutantes *ssb* es mayor que en las células silvestres.

Como se vió anteriormente la proteína RecA posee varias actividades que la catalogan como una proteína relevante en procesos de recombinación. Sin embargo, no se considera un proceso de recombinación en el modelo de reparación de tramo largo. Entonces la pregunta es ¿Cuál es la función de RecA durante este tipo de reparación? ¿Es la reparación de tramo largo una forma de recombinación o es un proceso independiente?. Aparentemente, la evidencia indica que sí son diferenciables tanto la reparación de tramo largo como la reparación por recombinación. No es tan claro, sin embargo, el papel de RecA en la de tramo largo, aunque sí es evidente que se requiere la inducción de SOS para que se lleve a cabo. Al menos se pueden vislumbrar algunas funciones de RecA como el control de la exonucleasa V y actualmente se acumula evidencia de que algunos tipos de DNA polimerasas, quizás variantes de la DNA polimerasa I, aparecen durante la inducción de SOS. Por ejemplo, una forma alterada de la polimerasa I aparece con la inducción de SOS y se ha visto que tiene mucho mayor tendencia a cometer errores que se pudieran derivar en mutaciones, que la polimerasa constitutiva. Esto podría ser discutible, no obstante, ya que otros estudios han mostrado que la mutagénesis no es necesariamente una

consecuencia de la reparación de tramo largo, aunque sí de SOS.

Otra función posible de RecA sería la de protección del DNA de cadena sencilla, junto con las proteínas SSB, de la degradación por exonucleasas (no sólo la V). Esta función podría por lo tanto ser importante durante la recombinación de tipo reparativo. En este último caso y dadas todas las funciones que RecA puede realizar, se podría establecer un modelo de cómo se llevaría a cabo la reparación por recombinación, mencionando las proteínas que participarían. Este sería, obviamente, un proceso más controlado por el sistema SOS.

Dado que la exonucleasa V o producto de *recBC*, bajo ciertas condiciones de incubación: DNA de doble cadena, ATP y proteínas SSB, puede abrir el DNA para exponer regiones de cadena sencilla, entonces, ésta enzima podría iniciar la recombinación al "caminar" por dentro de la doble cadena y crear zonas localizadas de desnaturalización. Se considera para esto que el DNA al ser reparado presenta cortes o huecos en su cadena. En esta acción podría colaborar las proteínas SSB (o la misma RecA) cuya función sería estabilizar a las cadenas separadas de DNA. Esta sería la molécula de DNA que iniciaría la recombinación sirviendo como donadora. Una de sus regiones de cadena sencilla atacaría a una segunda molécula de DNA. Es aquí donde actuaría RecA

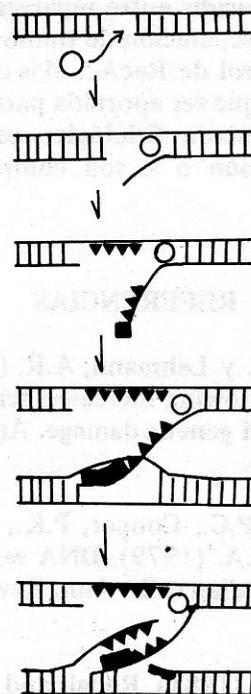


Fig. 3.- Modelo para la reparación por recombinación. ○ Proteína RecBC; ▼ Proteínas SSB (de unión a DNA de cadena sencilla); ■ Proteína RecA.

(fig. 3). Se uniría a la cadena sencilla de DNA donador y el complejo DNA-RecA resultante comenzaría a explorar otras moléculas intactas de DNA de doble cadena, buscando una región de homología. Ya que la proteína RecA puede lograr la asimilación de cadenas sencillas a cadenas dobles con formación de lazos D (ver anteriormente), la exploración por RecA de regiones de cadena doble de DNA implica que la proteína estaría cumpliendo dos funciones: unirse a cadena sencilla de DNA y desnaturizar parcialmente la cadena dúplex receptora. Esta desnaturización parcial se haría mediante la hidrólisis del ATP, hasta que se encontrara una región de homología, así que la cadena sencilla pudiera unirse por puentes de hidrógeno a su cadena complementaria en el receptor. Esto ocurriría sólo en el caso de la reparación por recombinación ya que en el caso de la recombinación normal, al no haber cortes en la doble cadena de DNA, se requeriría de otro tipo de mecanismos para poder eliminar la torsión que se produciría al enredar dos cadenas complementarias provenientes cada una de los duplex respectivos de DNA.

Una vez que se han establecido los contactos y las regiones complementarias se han apareado correctamente, la transferencia de bandas de cadena sencilla para rellenar huecos seguiría cualquiera de los modelos que se han descrito para reparación por recombinación, esto es, reparación por elección de copia o bien por ruptura y reunión (10). La pregunta que continúa en el aire es ¿Cuándo es que las células pueden decidir entre reparación por recombinación o bien reparación de tramo largo, estando ambas bajo control de RecA?. Más evidencia experimental tendrá que ser aportada para poder definir cuando o qué estado fisiológico estimula ambos tipos de reparación o si son complementarios o independientes.

REFERENCIAS

- 1.—Arlett, C.F. y Lehmann, A.R. (1978). Human disorders showing increased sensitivity to the induction of genetic damage. *Ann. Rev. Genet.* 12, 95-115.
- 2.—Hanawalt, P.C., Cooper, P.K., Ganesan, A.K. y Smith, C.A. (1979). DNA repair in bacteria and mammalian cells. *Ann. Rev. Biochem.* 48, 783-836.
- 3.—Birge, E.A. (1981). Repair and recombination of DNA molecules. En *Bacterial and bacteriophage genetics*. Springer-Verlag New York-Heidelberg-Berlin. pp. 282-310.

- 4.—Moseley, B.E.B. y Williams, E. (1977). Repair of damaged DNA en bacteria. *Adv. in Microbiol. Physiol. (AP)*. 16, 99-157.
- 5.—Geftter, M.L. (1974). Progress in nucleic acid research and molecular biology. 14, 105.
- 6.—Little, J.W. y Mount D.W. (1982). The SOS regulatory system of *Escherichia coli*. *Cell*. 29, 11-22.
- 7.—Little, J.W. (1982). Control of the SOS regulatory system by the level of RecA protease. *Biochimie* 64, 585-589.
- 8.—Gudas, L.J. y Mount, D.W. (1977). Identification of the *recA (tif)* gene product of *E. coli*. *P.N.A.S., U.S.A.* 74, 5280-5284.
- 9.—Dressler, D. y Potter, H. (1982). Molecular mechanisms in genetic recombination. *Ann. Rev. Biochem.* 51, 727-761.
- 10.—Clarck, A.T. y Volkert, M.R. (1978). DNA repair mechanisms. New York, Acad. Press 52.

REFLEXIONES DEL ESTUDIANTE DE
LICENCIATURA QUE SE INCORPORA
A UN LABORATORIO DE
INVESTIGACION BIOMEDICA

El estudiante de licenciatura que busca tomar parte en la investigación biomédica debe reflexionar con detenimiento si está orientando sus esfuerzos, su vida profesional, en la dirección correcta. Tratándose de la investigación biomédica, la definición temprana de si tiene o no vocación para dedicarse a ella es muy importante, más importante que en otras actividades profesionales, entre otras razones porque para alcanzar las etapas de madurez y de mayor productividad son necesarios varios años y la etapa de productividad máxima suele ser más o menos breve. En otras palabras es más amplio el horizonte y la potencialidad de un investigador que se inicia siendo joven, que la de otro que después de graduarse en una profesión inicia su participación en la investigación biomédica.

Recientemente se intentó el descubrimiento temprano de estudiantes de licenciatura interesados en la investigación biomédica, a través de la realización de un cursillo organizado por el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la

U.N.A.M., que duró 4 meses y que se denominó "Introducción a la investigación en bioquímica". Este curso fué dirigido a estudiantes de medicina, química y biología, con edades cercanas a los 20 años, que ya habían aprobado con grado excelente los cursos de bioquímica de sus correspondientes planes de estudio.

En uno de los ejercicios realizados con este grupo de estudiantes se preguntó sus opiniones e impresiones al entrar en contacto por vez primera con la investigación biomédica. De este ejercicio he tomado los conceptos expresados por algunos alumnos y los he agrupado, tratando de mostrar cuan valiosas son sus opiniones y cómo deben hacernos meditar a quienes en algún momento recibimos en el laboratorio de investigación biomédica a estudiantes de licenciatura.

IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

- La búsqueda del conocimiento no puede apartarse de la investigación.
- La investigación como uno de los puntales de la ciencia, necesita constantemente de gente mejor y experimentada, que tenga interés y conocimiento.
- El estudiante interesado en labores de investigación tiene que recurrir al aprendizaje directo en los laboratorios.
- Muchos de los investigadores comenzaron su preparación científica en el laboratorio desde que eran estudiantes de licenciatura.
- La formación escolar del estudiante de licenciatura es deficiente para poder desarrollarse en el campo de la investigación.
- El trabajo de investigación requiere organización y disciplina, que permitan desarrollarlo en forma sistemática. Es una tarea que absorbe mucho tiempo y dedicación.
- La investigación es constancia, análisis profundo, honradez al reportar datos y técnicas, manejo del método experimental.

LA PRIMERA IMPRESION DEL ESTUDIANTE EN EL LABORATORIO.

- El estudiante que entra por primera vez a un laboratorio siente extrañas todas las cosas, no sabe

nada de todo lo que se hace en ese laboratorio.

- No sabe con certeza la función que desempeñará.
- Un estudiante en el laboratorio comienza por realizar trabajo que puede parecer de poca trascendencia: inyectar ratas, determinar proteínas, preparar células, etc., que en ocasiones son poco atractivos para el joven ansioso de participar en un proyecto de investigación.

CUALIDADES QUE DEBE TENER O BUSCAR EL ESTUDIANTE QUE TOMA PARTE EN LA INVESTIGACION BIOMEDICA.

- Además del trabajo árduo, en la investigación es necesaria la invención, el uso de la imaginación, la creatividad, la producción de ideas.
- Trabajar tiempo completo. Tener a la investigación como algo muy estimulante.
- El manejo de apuntes, utilización de sustancias y de técnicas, adquisición de una disciplina científica.
- Gusto y ganas por hacer las cosas lo mejor posible, afán por aprender, conformarse con una remuneración insignificante.
- Una buena etapa formativa, sin olvidar que pertenece también a la sociedad, que no es ajeno a lo que ocurre en el arte, la naturaleza o la situación política nacional y mundial.

DIFICULTADES QUE ENFRENTA EL ESTUDIANTE QUE PARTICIPA EN INVESTIGACION.

- No siempre se ven los resultados exitosos al primer intento, sino hasta después de muchos intentos y mucha constancia.
- El estudiante se enfrenta a su primer proyecto de investigación sin contar con elementos en su formación suficientes para su realización.
- El ambiente del laboratorio enajena al estudiante, lo empuja al juego de la competencia, a tratar de conseguir el mayor número de artículos publicados.
- El estudiante se encuentra con una jerarquía bien establecida en la que él ocupa la categoría más baja.

MECANISMO DE LA HEPATOTOXICIDAD DEL TETRACLORURO DE CARBONO.

- Muchos investigadores compiten sin permitir una amplia colaboración con otros investigadores y mucho menos entre institutos. Esta mentalidad es transmitida al recién llegado.
- El estudiante es un recurso muy apreciado por los jefes de laboratorio y directores de centros de investigación porque constituye una mano de obra extremadamente barata y con frecuencia de excelente calidad.
- Sólo un escaso número de estudiantes, al finalizar sus estudios de licenciatura, está en posibilidad de realizar estudios de posgrado.
- Son escasos los alumnos que habiéndose incorporado a centros e institutos de investigación para realizar sus tesis de licenciatura, tienen probabilidades de pasar a formar parte del personal académico de dichas instituciones.

LOS RESULTADOS DEL TRABAJO EN EL LABORATORIO.

- El éxito de las labores de investigación depende de la capacidad académica de los integrantes y de la coordinación y motivación del responsable del laboratorio.
- Le será más fácil el comienzo como miembro de un equipo de investigación, porque le hará tener una visión más amplia.
- El estudiante aprenderá a trabajar, conocerá a fondo un tema de bioquímica, muy específico. Tendrá su propia visión de la investigación. Realizará trabajos que le interesan y le gustan, llegando incluso a llevar a la práctica sus propios proyectos. Publicará artículos, participará en congresos y obtendrá alguna beca.

CONSEJO FINAL.

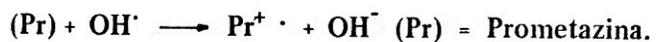
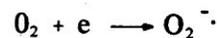
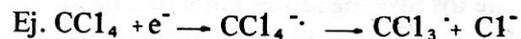
- Pienso que lo principal para el estudiante que toma parte en investigación biomédica es no desmayar.

Dr. Juan C. Díaz Zagoya
 Depto. de Bioquímica
 Fac. de Medicina, U.N.A.M.

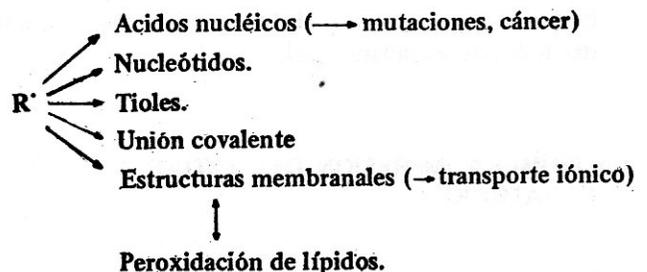
(Slater, T.F., Review Article. Free-radical mechanisms in tissue injury., *Biochem. J.*, 222: 1 - 15 (1984).

Entre las muchas formas de lesionar y matar a las células, hay una importante clase de reacciones que dependen de la formación de radicales libres intermediarios que disparan y amplifican una red de trastornos múltiples. Si hemos de adoptar enfoques racionales para el reconocimiento y control de tales trastornos, así como para la protección efectiva contra los tipos de lesiones producidas o para la aplicación de terapias específicas, es esencial comprender más los mecanismos bioquímicos involucrados en tales lesiones mediadas por radicales libres.

Los radicales libres son moléculas o fragmentos moleculares con un electrón libre (no apareado). Este electrón no apareado le confiere ciertas características al radical libre, tales como paramagnetismo y una gran reactividad química. La presencia del electrón no apareado en el radical libre se representa convencionalmente por un punto arriba de una R. Los radicales libres pueden ser neutros, o con carga positiva o negativa.



El siguiente esquema ilustra la forma como los radicales libres producen las lesiones celulares:

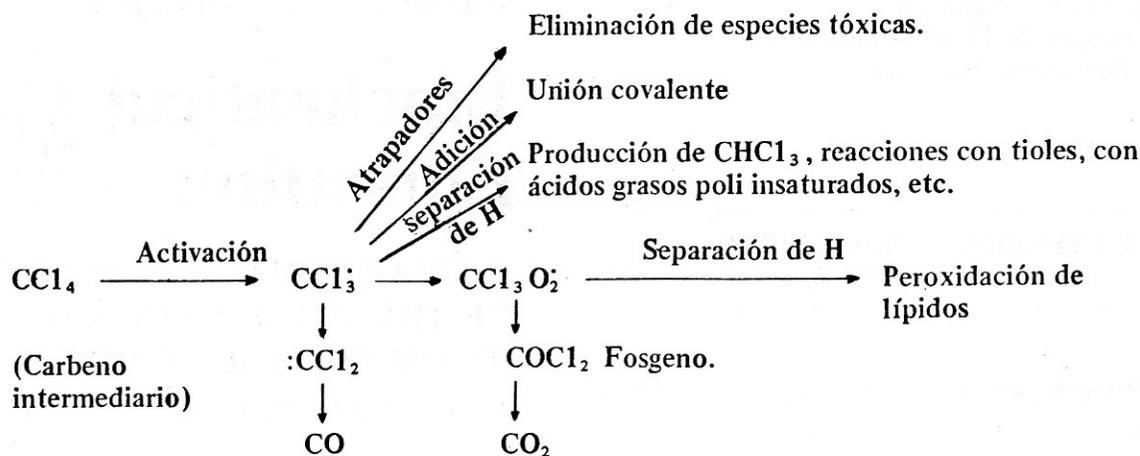


Rutas principales en las que los radicales libres pueden reaccionar con componentes cercanos en las células, trastornando su(s) función(es) metabólica(s), como lo indican las flechas.

Los efectos hepatotóxicos del CCl_4 se han estudiado ampliamente por muchos años, no solo desde el punto de vista de la patología, sino también de la toxicología y de la bioquímica, habiéndose llegado al conocimiento de que las lesiones hepáticas se producen en muchas especies como el ratón, la rata, el conejo y el hombre. El tipo de lesión hepática puede variar desde la simple acumulación de triacilglicerol, pasando por necrosis hasta cirrosis y cáncer,

dependiendo de la dosis y del método de aplicación; la lesión aguda (degeneración grasa y necrosis) puede modificarse por varios pretratamientos que afectan la actividad de la cadena NADPH-citocromo P-450 y también por una gran variedad de agentes protectores que incluyen muchos atrapadores de radicales libres. Desde 1966, Slater propuso una hipótesis general, en la que el CCl_4 tiene que sufrir una activación metabólica para ejercer su efecto necrogénico.

El siguiente esquema resume la activación y las reacciones del CCl_4 .



Describense también mecanismos para explicar los procesos inflamatorios y para la carcinogenesis química, culminando con bibliografía amplia y reciente.

Guillermo Carvajal Sandoval.
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Instituto Politécnico Nacional.

DESCIFRANDO EL MISTERIO DE LA ANAFILAXIA IDIOPÁTICA

(Meggs, W.J., Pescovitz, O.H., Metcalfe, D., Loriaux, D.L., Cutler, Jr. G., y Haliner, M., Progesterone sensitivity as a cause of recurrent anaphylaxis., *New Engl. J. Med.*, 311: (19) 1236-1238 (1984). Sheffer, A.L., *ibid.*, 1248-1249).

Los ataques anafilácticos o anafilactoides usualmente ocurren como respuesta inmediata a un agente o acontecimiento desencadenante. Los pacientes

con anafilaxia recurrente, en los que no hay datos de una causa externa, se clasifican como poseedores de anafilaxia idiopática recurrente. Uno de estos pacientes, que presentaba episodios anafilácticos semanales que ponían en peligro su vida, eran controlados parcialmente con terapia médica intensiva combinada con fenestración traqueal; sin embargo, la remisión espontánea de los ataques durante la lactación, condujo a la sospecha de sensibilidad a las hormonas sexuales. Tres observaciones clínicas condujeron a esta sospecha: los retos con cantidades mínimas de progesterona (reto intradérmico con 10, 20 y 40 microgramos de acetato de medroxiprogesterona dados secuencialmente a intervalos de 20 minutos) que causaron un acceso anafiláctico; la inhibición de la liberación de la gonadotropina hipofisiaria provocada por el análogo de la hormona liberadora de la hormona luteinizante controló la enfermedad por nueve meses y la ooforectomía fue curativa.

La paciente era alérgica a la progesterona y se sensibilizó por la administración de progesterona

exógena empleada contra una amenaza de aborto. Después reaccionó adversamente a la producción fisiológica endógena de progesterona. La paciente tenía una historia personal y familiar de atopia y había tenido urticaria después de recibir penicilina y estreptomycin. La fase urticarial de los episodios recurrentes de anafilaxia se redujeron con antagonistas H1 y H2 de la histamina; pero se necesitó la fenestración taqueal para prevenir la asfixia debida al edema laríngeo.

Los interesados deberán leer cuidadosamente el artículo de Meggs y colaboradores así como el comentario de Sheffer.

Guillermo Carvajal Sandoval.
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
Instituto Politécnico Nacional.

**LA TERRIBLE ENFERMEDAD
DE ALZHEIMER.**

(ALZHEIMER'S DISEASE. Sci. Am., 252: (1) 48-56 (1985).

La enfermedad de Alzheimer conduce a la demencia y a una muerte lenta a más de 100,000 estadounidenses por año. Nadie sabe lo que la produce ni cómo detener su inexorable curso. Los investigadores estudian la enfermedad desde seis modelos conceptuales: 1) El modelo genético; 2) El modelo de la proteína anormal; 3) el modelo del agente infeccioso; 4) El modelo de la toxina; 5) El modelo del flujo sanguíneo y 6) El modelo de la acetilcolina. Estos modelos, sin embargo, son como el modelo del elefante al que llegaron seis ciegos quienes concluyeron que un elefante era: 1) Muy parecido a una pared; 2) A una lanza; 3) A una serpiente; 4) A un árbol; 5) A un ventilador o 6) A una reata. Todo dependía de la parte que hubieran tocado. El elefante era todo ésto; pero ellos no habían percibido lo esencial de su condición de elefante. Este artículo, como es usual en esta revista, está bellamente ilustrado, a colores con explicaciones claras de los aspectos más recientes de cada uno de los seis modelos. Se recomienda para quien desee conocer y estar al día en este importante padecimiento de nuestro tiempo.

Guillermo Carvajal Sandoval.
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
Instituto Politécnico Nacional.

INDICES DE REVISTAS

VOLUME 12 NUMBER 3 JULY 1984

Biochemical Education



A QUARTERLY PUBLICATION
OF THE INTERNATIONAL
UNION OF BIOCHEMISTRY

Editor: E J WOOD, LEEDS, UK

CONTENTS

Editorial	97
Antibodies to Nucleic Acids. J S LEE	98
A Laboratory Experiment on Purification and Characterization of Firefly Luciferase. J A HALL, J J WEBSTER and F R LEACH	103
Microcomputer-based Question Bank for Training and Assessment in Biochemistry. J L IBORRA, J A LOZANO, P TARRAGA and A REQUENA	108
A Rapid and Easy Method for Writing Enzymatic Velocity Equations Assuming Rapid Equilibrium Conditions. J L SERRA and R SAÍZ	111
Structure Representation in Carbohydrate Biochemistry — A Second Opinion. R BENTLEY	115
Comments on Structure Representation in Carbohydrate Biochemistry — A Second Opinion. C BULLOCK	118
Biochemistry Teaching in Egyptian Universities. F VELLA	119
Reference Works	119
Unity and Diversity in Biochemical Education. F VELLA	120
Innovations in Biochemical Education. E J WOOD	123
The Teaching of Biochemistry in Chinese Medical Colleges. PONG CHEH JEN	127
Biochemical Education in Japan: Past, Present and Future. Y KAGAWA	128
Biochemical Education: Feasible Research Regardless of Resource. B PANIJPAN	133
Biochemical Education in India — A Perspective: T RAMASARMA	134
<i>The Gene Business</i>	136
How to Do It. V BOOTH	141
New Products and Teaching Aids	141
Book Reviews	142
Lexicon	144
Monitor	144

INSTRUCCIONES PARA LOS COLABORADORES DEL BOLETIN DE EDUCACION BIOQUIMICA

El BEB es una revista dedicada a la divulgación de temas interesantes y relevantes en el campo de la bioquímica y en áreas afines. Está dirigido a profesores y estudiantes, no especializados, por lo que se sugiere que la presentación de los trabajos se ajuste a sus lectores y sea simple explícita y didáctica. Serán bienvenidas las contribuciones en forma de artículos de revisión y otras comunicaciones. Solicitamos a los autores se ajusten a los siguientes lineamientos para facilitar la labor editorial.

I. ARTICULOS DE REVISION

- 1) El manuscrito no debe exceder de 12 cuartillas escritas a máquina a doble espacio (27 renglones por cuartilla y 70 golpes por renglón).
- 2) Se aceptarán como máximo 6 figuras o tablas. La limitación en el número de figuras, tablas y referencias obliga a los autores a que seleccionen aquellas realmente importantes e informativas. Numere las figuras con números arábigos y las tablas con números romanos. Adicione las leyendas y pies de figuras en una hoja aparte. Considere que las figuras y tablas serán reducidas de tamaño, aproximadamente a 1/2 o 1/4 de la hoja carta, las letras o números más pequeños, una vez hecha la reducción no deben ser menores a los 2 mm.
- 3) Sugerimos un máximo de 10 referencias tanto específicas como lecturas recomendadas. Cada referencia debe contener: nombre(s) del autor(es), año entre paréntesis, título del artículo, nombre de la revista, volumen a cursiva y el número de la primera y última páginas. Ejemplos:
 - a) Miller, C.O. (1982). Cytokinin Modification of Mitochondrial Function. *Plan Physiol.* 69, 1274-1277.
 - b) Larkins, B.A., Pearlmutter, N.L. y Hurkman, W.J. (1979). The mechanism of zein synthesis

and deposition in protein bodies of maize endosperm. En *The Plant Seed. Development, Preservation, and Germination*. Editores: Rubenstein, I., Phillips, R.L., Green, C.E. y Gengenbach, B.G. Academic Press. New York. pp. 49-55.

- 4) Evite hasta donde sea posible los pies de páginas. Las abreviaturas poco comunes utilizadas en el texto deberán, enlistarse en la primera página.

II. OTRAS COMUNICACIONES

- 1) El tema de las otras comunicaciones puede ser muy variado; desde resúmenes de artículos interesantes, relevantes o significativos, información de tipo general, bolsa de trabajo, etc.
- 2) El contenido deberá ser desarrollado en forma resumida y de una manera muy explícita.
- 3) El manuscrito debe ser de una a cuatro cuartillas de longitud, escritas en máquina a doble espacio (27 renglones por cuartilla y 70 golpes por línea).
- 4) Se aceptarán un máximo de dos referencias incluidas entre paréntesis en el texto. En casos en que se juzgue necesario se podrá incluir una figura o tabla.

Los manuscritos serán leídos por dos revisores, uno de ellos familiarizado con el tema y el otro ajeno al mismo. Las correcciones y sugerencias se comunicarán al primer autor.

Envíe el original y dos copias de los manuscritos a la Dra. Yolanda Saldaña de Delgadillo. Depto. de Bioquímica, Facultad de Medicina, Apdo. Postal 70-159, Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F., o al Dr. Alberto Hamabata, Depto. de Bioquímica, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. o bien a través del corresponsal BEB.