

La dimensión ambiental en la enseñanza de la Bioquímica en la Licenciatura en Química

Humberto J. Morris Quevedo,¹ Suyén Rodríguez Pérez¹ y Aurora Peñamaría²

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar las potencialidades de la asignatura Elementos de Bioquímica, que se imparte en las universidades cubanas a los estudiantes de Licenciatura en Química en el quinto año de la carrera, en la formación de una cultura ambiental que satisfaga las exigencias de este profesional en sus diversas esferas de actuación.

Para su desarrollo se partió de la definición de los objetivos de la educación ambiental que pueden tener salida a través de los contenidos que se imparten en la asignatura, y se ilustran con ejemplos correspondientes a las diferentes formas de enseñanza algunas de las variantes metodológicas empleadas. Esta propuesta constituye un aporte importante al diseño de la asignatura, por cuanto hace viable el desarrollo de un pensamiento científico-ambientalista, lo que representa un momento de crecimiento en la formación de la personalidad de nuestros estudiantes. Su aplicación arrojó una valoración positiva materializada en una mayor motivación de los estudiantes en las tareas relacionadas con la problemática ambiental.

Introducción

Dentro de los retos que impone el nuevo milenio está como cuestión fundamental la búsqueda de soluciones a los apremiantes problemas ocurridos en el ambiente, entre los que se destacan por su envergadura: la contaminación de las aguas, aire y suelo; el deterioro progresivo de la capa de ozono; el incremento gradual de la temperatura media sobre la superficie del planeta (efecto invernadero) y las afectaciones a la biodiversidad (García y Fernández, 1998).

Los instrumentos jurídico-normativos y económicos no son suficientes para crear una actitud consecuente con el cuidado y conservación del ambiente. Para esto se requiere

desarrollar en la población y especialmente en las nuevas generaciones, una cultura ambiental como premisa para lograr los objetivos y metas del desarrollo sostenible (Proenza y González, 2001).

El párrafo 36.3 de la Agenda 21, consideró que la educación es [...] de importancia crítica para promover el desarrollo sostenible y aumentar la capacidad de las poblaciones para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo (Naciones Unidas, 1992).

El papel de la escuela, en su contribución a esta aspiración, se expresa mediante el propósito de integrar la dimensión ambiental en el sistema educativo, dirigido éste a la adquisición de conocimientos y a la formación de valores éticos que favorezcan un comportamiento social y profesional coherentes con un desarrollo sostenible.

Las universidades han iniciado el camino hacia el logro de estos objetivos con la inclusión de elementos de medio ambiente y desarrollo en un número de disciplinas cada vez mayor.

El cuidado del ambiente constituye un aspecto vital en la formación de los futuros licenciados en Química, al ser éstos protagonistas fundamentales del desarrollo sostenible. El enfoque fundamental de esta problemática se aborda sobre la base de la introducción y desarrollo de una dimensión ambiental en las diferentes asignaturas que conforman la carrera. No obstante, aunque se trabaja por la consecución de este propósito, la cuestión de una eficiente formación ambiental no se ha resuelto aún en la extensión que debiera y su contenido debe estar en correspondencia con los objetivos de cada asignatura.

La asignatura Elementos de Bioquímica, perteneciente a la disciplina de Química Orgánica, se imparte en el primer semestre del quinto año de la carrera de Licenciatura en Química y tiene un carácter integrador por cuanto requiere de la utilización de conocimientos y habilidades ya adquiridos por los estudiantes. En el Plan de Estudios de la carrera, la Bioquímica ocupa un lugar importante, al encontrarse en la frontera entre los conocimientos químicos y biológicos, brindando las bases teóricas para la interpretación de los fundamentos moleculares de la estructura y función celular.

En los objetivos generales de la asignatura queda establecida de manera directa la relación de la Química, en

¹ Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad de Oriente.

Correo electrónico: hmorris@cebi.uo.edu.cu

² Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Universidad de Oriente

Recibido: 10 de octubre de 2001; aceptado: 30 de enero de 2002.

general, y de la Bioquímica, en particular, con la Ecología (entre otras ciencias) y su incidencia en la actuación del egresado con creatividad e independencia en grupos multidisciplinarios. Sin embargo, la aplicación de encuestas a los estudiantes en el curso 1999-2000 evidenció el desconocimiento de conceptos claves para promover acciones de educación ambiental a través de la asignatura como: ecosistemas, biosfera, ciclos biogeoquímicos, fuentes renovables de energía, biorremediación, tecnologías limpias, desarrollo sostenible, entre otros.

Esto es comprensible si tenemos en cuenta la forma de enseñanza habitual de esta materia, que propiciaba la formación en los alumnos de una visión de la Bioquímica alejada del mundo en que viven y un desconocimiento de las mutuas relaciones entre esta ciencia y el medio natural y social, así como su influencia en el desarrollo científico y tecnológico. De hecho, los estudiantes citaron diferentes aspectos concretos acerca de aplicaciones ambientales y los problemas generados por el desarrollo, para incluir en un curso elemental de Bioquímica que pudiera resultar interesante para ellos.

En este trabajo se exponen algunas ideas acerca de cómo se desarrolla en la asignatura el tratamiento de la dimensión ambiental en las diferentes formas de enseñanza, como parte de las principales direcciones de trabajo que se han venido desarrollando en el perfeccionamiento del *currículum*. La enseñanza se orienta no sólo a los problemas contemporáneos de protección del ambiente, sino que incluye además, la relación con la producción industrial, el consumo humano, la salud, en fin todo lo relacionado con la vida del hombre. Se pone de manifiesto, por otra parte, la posibilidad de llevar a cabo estas actividades mediante métodos participativos de trabajo de grupo que han devenido estrategias de formación y desarrollo de valores.

Selección de los objetivos de la educación ambiental

La enseñanza de la Bioquímica puede hacer uso de la problemática ambiental en su concepción más amplia, no sólo para informar sino para crear una cultura ecológica en los estudiantes.

Para la definición de los objetivos de la educación ambiental que pueden tener salida a través de los contenidos que se imparten en la asignatura, se examinó el sistema de conocimientos planteado en el programa de la misma, estableciendo los ejes temáticos con mayores potencialidades para su tratamiento (Universidad de Oriente, 1999).

A continuación se relacionan los elementos escogidos dentro del sistema de conocimientos de la asignatura para la formulación de las propuestas metodológicas empleadas en la implantación de la dimensión ambiental.

1. La Bioquímica. Su objeto de estudio y su relación con otras ciencias.

2. Características de las reacciones enzimáticas.
3. Metabolismo de los carbohidratos y oxidaciones biológicas: glucólisis, fermentaciones lácticas y alcohólicas.
4. Ciclo de Krebs, cadena respiratoria y fosforilación oxidativa.
5. Anabolismo de los carbohidratos (fotosíntesis).
6. Metabolismo de los lípidos: oxidación de los ácidos grasos.
7. Metabolismo de los compuestos nitrogenados.
8. Flujo de la información genética: replicación, transcripción y síntesis de proteínas.
9. Interrelaciones del metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas.

En un trabajo relacionado con el estudio del cambio global como espacio profesional, Oliva y García-Oliva (1998b) consideraron importantes en la línea académica de Bioquímica los contenidos que estudian a las biomoléculas, revisando su estructura, función y mecanismos de biosíntesis y degradación, así como el conocimiento de las técnicas para determinar cuali y cuantitativamente las biomoléculas.

Tomando en consideración que en todo proceso docente-educativo el objetivo constituye la categoría rectora donde deben quedar reflejados tanto la actividad a realizar, como las relaciones que se han de establecer entre los sujetos que participan en él, fueron definidos como objetivos de la educación ambiental los siguientes:

1. Aplicar los conocimientos relacionados con la estructura de las biomoléculas y las diferentes rutas metabólicas en los procesos de biorremediación y en la comprensión de los ciclos biogeoquímicos a un nivel productivo.
2. Valorar la aplicación de los biocatalizadores en tecnologías ambientalmente compatibles y en el tratamiento de zonas contaminadas con sustancias químicas.
3. Interpretar el modo de acción a nivel molecular de los mutágenos ambientales y otros productos químicos, y la evaluación de su riesgo.
4. Contribuir al desarrollo de una ciencia energética a través del estudio de la fotosíntesis, que les permita valorar la importancia de las fuentes renovables de energía.
5. Aplicar métodos científicos de análisis químico y de búsqueda de información sobre peligrosidad y métodos de disposición de materiales biológicos, con el fin de realizar prácticas seguras y ambientalmente correctas.

¿Cómo se materializa la dimensión medio ambiental en la asignatura Elementos de Bioquímica?

En la literatura pedagógica de los últimos años, tanto a nivel general como en el área de las ciencias en particular, se señalan varios modelos psicológicos que sirven de base para el diseño curricular. Uno de estos modelos es el propuesto por Ausubel, el que considera que “los alumnos además de ser activos en sus métodos de trabajo, deben de realizar actividades que no sean arbitrarias y carentes de significación” (Novak, 1992; Alvarez de Zayas, 1999). Este modelo sirvió de premisa para la formulación de las propuestas metodológicas aquí presentadas.

La asignatura tiene fundamentalmente cuatro formas de enseñanza: conferencias, seminarios, clases prácticas y prácticas de laboratorio. Se presentan a continuación ejemplos de las variantes empleadas en el tratamiento de los objetivos identificados, sin excluir la posibilidad de que puedan surgir nuevas alternativas que logren una mayor significabilidad en el aprendizaje.

Objetivo 1

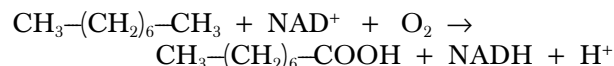
Se utilizan como elementos para la motivación de las conferencias correspondientes, así como en ejercicios de clases prácticas, ejemplos de rutas metabólicas aplicables en procesos de biorremediación, como la β -oxidación de los ácidos grasos en la biodegradación de los hidrocarburos saturados presentes en el petróleo con microorganismos de los géneros *Pseudomonas* y *Nocardia* y las experiencias de Cuba en esta dirección.

Al respecto, el Instituto de Oceanología del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba ha desarrollado el biopreparado “Bioil”, compuesto por bacterias marinas hidrocarbonoclastas incluidas en un soporte adecuado y biodegradable, cuya efectividad se probó en un derrame de *fuel oil* pesado de más de 100 toneladas ocurrido en 1992 en la bahía de Cienfuegos durante la entrada del tanquero griego “AIDA” (Nuñez *et al.*, 1995). El tratamiento de esta problemática se traslada al estudio de los impactos ambientales presentes en la Bahía de Santiago de Cuba, línea de investigación del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial de la Universidad de Oriente, y su proyección en las actividades rectoras de los programas de ciencia e innovación tecnológica en el territorio.

- Ejemplo de ejercicio empleado en la clase práctica de Metabolismo de los lípidos.

El petróleo como fuente de nutrimentos para los microorganismos. (Lehninger *et al.*, 1993). Algunos microorganismos pueden crecer en un ambiente en el cual los hidrocarburos constituyen la única fuente de nutrimentos. Estas

bacterias oxidan hidrocarburos alifáticos de cadena lineal, por ejemplo el octano, a ácidos carboxílicos:



¿Cómo pueden estas bacterias ser usadas en la limpieza de los vertimientos de petróleo? Respuesta: Oxidación completa del hidrocarburo a CO_2 y H_2O mediante las reacciones de la β -oxidación de los ácidos grasos acopladas al Ciclo de Krebs y a las actividades de la cadena respiratoria.

Con anterioridad, al evaluar ejercicios sobre aspectos relativos a la integración metabólica y cálculos bioenergéticos se manifestaban en los estudiantes dificultades como una incorrecta organización del conocimiento científico que les impedía argumentar razonadamente sus respuestas, la carencia de estrategias generales de resolución y la inseguridad al enfrentarse a enunciados largos o situaciones poco familiares, resultantes de la aplicación de reglas de tipo memorístico.

Con este ejercicio se propició un incremento de la motivación de los alumnos y un aprendizaje significativo de los conocimientos relacionados con la integración de diferentes rutas metabólicas: β -oxidación de los ácidos grasos, ciclo de Krebs y las actividades de la cadena respiratoria.

Tomando en consideración la importancia del petróleo en la sociedad moderna y el impacto ambiental de los derrames, ejercicios de esta naturaleza, a juzgar por los propios estudiantes, producen una imagen más real de la asignatura y afirman que su planteamiento con un enfoque más integrado en el entorno, que ayuda a resolver problemas, les permite interiorizar mejor su papel como futuros protagonistas del desarrollo sostenible. Se aprecia, en consecuencia que el rendimiento docente es mayor y el estudiante posee una disposición superior para el aprendizaje de nuevos contenidos.

Relacionado con el primer objetivo se emplean, además, los resultados de proyectos de investigación del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial asociados con la utilización de subproductos agrícolas como el mucílago del café en la producción de bebidas alcohólicas mediante la glucólisis-fermentación alcohólica (Bermúdez *et al.*, 2000).

A propósito de los ciclos biogeoquímicos

Resulta oportuno señalar que, en virtud de las inusitadas posibilidades que ofrece para el tratamiento de las interrelaciones del metabolismo y la sistematización de la importancia de las diferentes biomoléculas, se han seleccionado situaciones referentes a los ciclos biogeoquímicos que se presentan en la naturaleza (C, H, O, N y P). El conocimiento de estos

ciclos es necesario para el hombre, puesto que éste muchas veces altera o rompe el reciclaje normal de los elementos de la naturaleza. La importancia vital que tiene el ciclo del carbono dentro del estudio del cambio global ha sido referida con anterioridad por Oliva y García-Oliva (1998a).

En el seminario reservado a la integración metabólica se propone una actividad colectiva que persigue que los alumnos pongan en juego las habilidades que desarrollaron no sólo en esta asignatura, sino en otras del año lectivo como Química del Medio Ambiente. Esto brinda un claro marco de referencia de la importancia que tiene la Bioquímica para los profesionales de la Química.

A lo largo de la actividad, los estudiantes deben identificar las rutas metabólicas relacionadas con los ciclos orientados, el papel de la fotosíntesis en el ciclo del carbono, la interdependencia que se manifiesta en los ciclos C-H-O, las diferencias en cuanto a las formas en que plantas y animales obtienen el nitrógeno que necesitan, la forma en que ocurre la circulación del fósforo en el ciclo y su papel en las transformaciones básicas de la energía que se producen en los sistemas vivientes y reflexionar en torno a acciones humanas que pueden incidir negativamente en el funcionamiento de los ciclos como la sobre explotación de los recursos naturales y la falta de conciencia en la protección de los diferentes ecosistemas.

De esta forma, los estudiantes valoran positivamente la sistematización de estos conocimientos y citan algunos de estos aspectos como interesantes para ser abordados en otros cursos no sólo de Bioquímica, sino también de Química Orgánica.

Objetivo 2

Se realiza un seminario-taller sobre la aplicación de las enzimas (biocatalizadores) en tecnologías ambientalmente compatibles para la restauración de ecosistemas bajo perturbación, mediante la exposición y discusión por equipos de trabajo de artículos publicados en revistas especializadas. Esta modalidad de seminario es impartida de forma grupal por los estudiantes bajo la tutoría del profesor que actúa como facilitador de la discusión.

Algunos ejemplos de materiales científicos empleados en la actividad:

- Van Wyck, J.P.H.; Mogack, M.A. y Moroka, K.S., Bioconversion of waste paper materials to sugars: an application illustrating the environmental benefit of enzymes, *Biochemical Education*, 27[4], 227-228 (1999).
- Bezabel, L.; Hadar, Y. y Cerniglia, C.E., Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by the white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*, en: Pande A. (ed.), *Advances in Biotechnology*, Educational Publishers and Distributors, New Delhi, 405-421 (1998).

- Sheldon, R., Enzymes: Picking a winner, *Nature* 399, 636-637 (1999).
- Le Jeune, K.E.; Wild, J.R. y Russell, A.J., Nerve agents degraded by enzymatic foams, *Nature*, 399, 27-28 (1998).
- Rosillo, F., Sweet future? Brazils ethanol fuel programme. *Renewable Energy World*, 2[5], 47-52 (1999).
- Bermúdez, R.C.; Cárdenas, J.R.; García, N.; Serrat, M.J.; Gross, P.; Díaz, E.E.; Rodríguez, R.A.; Deroncelé, V.M.; Rodríguez, S.; Pérez, R.M.; Orberá, T.M.; Martínez, M.C. y Terry, A., *Valorización de los residuales del café*. Informe Final al Programa Nacional de Ciencia y Técnica de Desarrollo Sostenible de la Montaña. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente (2000).

Con esta actividad se contribuye, como se observa en los debates y en las respuestas, al desarrollo de la objetividad, la creatividad, la crítica y la autocrítica. Los estudiantes indican como aspecto interesante la visión que brinda de la bioquímica como ciencia que contribuye a resolver los problemas que genera el desarrollo de la sociedad contemporánea.

Objetivo 3

Se realiza un seminario-taller sobre mutagénesis ambiental y cáncer, en el cual se discute la relación entre diferentes productos químicos de uso industrial, agrícola, aditivos alimentarios, etcétera, y su carcinogenicidad potencial. La búsqueda de información actualizada en bases de datos especializadas y su sistematización, así como el fortalecimiento de actitudes y valores son centrales en esta actividad.

Además, en seminarios vinculados a los diferentes contenidos de la asignatura desarrollados mediante preguntas y respuestas se proponen ejercicios orientados a identificar los efectos de sustancias tóxicas como el amoníaco y derivados halogenados, entre otras.

Durante las conclusiones de la actividad, los alumnos juzgan de útil su aporte en el arraigo de una ética personal de no contaminar el medio, cuidar su entorno, participar una vez egresados en el proceso de creación sustentable de riquezas para el colectivo y con su ejemplo transmitir experiencias positivas.

Objetivo 4

Se implementa un trabajo extraclase titulado "Fotosíntesis. Significado biológico e importancia ecológica y tecnológica", y se hace énfasis en su valor para la integración de los componentes del proceso docente educativo: académico, laboral e investigativo.

Entre los materiales orientados como bibliografía para la actividad se encuentran:

- Hall, D.O.; Markov, S.A.; Watanabe, Y. y Rao, K.R., The potential applications of cyanobacterial photosynthesis for clean technologies, *Photosynthesis Research*, **46**, 159-167 (1995).
- Matsumoto, H.; Shioji, N.; Hamasaki, A.; Ikuta, Y.; Fukuda, Y.; Sato, M.; Endo, N. y Tsukamoto, T., CO₂ fixation by microalgae photosynthesis using actual flue gas discharged from a boiler. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, **51**[2] 681-692 (1995).
- Garritz, A., Una revisión crítica del calentamiento global y de la hipótesis de su origen antropogénico, *Educ. quím.*, **9**[3], 124-127 (1998).
- Bériz, L. y Madruga, E., *Cuba y las fuentes renovables de energía*, CUBASOLAR: La Habana (1998).

Los estudiantes analizan las aplicaciones de la fotosíntesis en la mitigación del efecto invernadero, la fotoproducción de hidrógeno, en sistemas de tratamiento de residuales, y valoran la importancia de la biomasa como fuente renovable de energía y sus potencialidades en Cuba (bagazo y paja de caña, cáscara de café, cascarilla de arroz, cáscara de coco, etcétera) como elemento para el desarrollo de una conciencia energética. Los resultados de la investigación realizada se debaten en un seminario posterior.

Se destaca cómo el problema del incremento del CO₂ atmosférico es muy complejo y no puede ser abordado por un solo profesional, por lo que es necesaria la formación de grupos multidisciplinarios. Dentro de éstos, es importante la participación del químico, el cual puede colaborar en proyectos de cambio global.

Cabe señalar que, en la aplicación de este trabajo extracurricular en el recién finalizado curso escolar, en los cuatro equipos de trabajo se obtuvo como resultado una valoración positiva, observándose una mayor motivación en la tarea realizada y una buena calidad de los informes presentados. Los estudiantes ejercitaron su capacidad de análisis, asimilación e integración de nuevos conocimientos. Se demostró que el propio problema guía su aprendizaje.

Resulta válido plantear que la bibliografía a consultar por los alumnos no se limita sólo a la citada en cada objetivo, sino que se recomienda, además, el uso de literatura de vanguardia en idioma español, como la propia revista *Educación Química*, así como el uso de la literatura disponible vía Internet (revistas electrónicas, páginas web, etcétera). En el último caso, se puede citar la Biblioteca Virtual en Salud y Ambiente del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Lima, Perú), cuya página es <http://www.cepis.ops-oms.org>.

Objetivo 5

La importancia de la realización de actividades de carácter

experimental en el aprendizaje de la Química no es materia cuestionable. En la práctica el problema puede aparecer al momento de seleccionar experimentos que sean suficientemente ilustrativos de lo que se pretende evidenciar, suficientemente atractivos para constituir un elemento motivador del alumno, y realizables con los materiales disponibles sin riesgo significativo (Arnáiz *et al.*, 2000).

En este sentido, los estudiantes realizan la búsqueda de información sobre peligrosidad de reactivos, el riesgo potencial del microorganismo utilizado y los métodos de disposición de materiales biológicos, con el fin de realizar prácticas seguras y ambientalmente correctas. Se propone a partir de las experiencias de Grunwald (2001), la introducción de la práctica "Biocatálisis e interacción de iones de metales pesados con enzimas y microorganismos". Se demuestra, por ejemplo, que el incremento en la concentración de Ag⁺ de 10⁻⁴ mol/l a 10⁻³ mol/L conduce a la pérdida total de la actividad metabólica de células de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, determinada por medio de la producción de CO₂. Los estudiantes, en función de la clasificación de *Saccharomyces cerevisiae* dentro de los microorganismos reconocidos generalmente como seguros (GRAS, riesgo biológico tipo I) (CITMA, PNUMA, FMAN, 1999) han de sugerir el autoclaveado de los cultivos a la temperatura de 120°C durante 40 min a 1 atm, al finalizar la actividad práctica como requerimiento previo a su eliminación por el vertedero.

Desde el punto de vista pedagógico, hemos apreciado un aumento del interés de los alumnos por observar más detenidamente el fenómeno que se está demostrando en cada experimento, logrando simultáneamente un incremento en el ejercicio de su capacidad analítica y llamar la atención hacia el cuidado de su entorno.

De forma general, se considera que la experiencia docente acumulada en estos dos años en el tratamiento de la dimensión ambiental en la asignatura es positiva y los estudiantes muestran preferencia por los seminarios, laboratorios y trabajos extracurriculares enfocados a temas ambientales.

Es oportuno destacar una serie de elementos que han incidido de manera favorable en el tratamiento de la dimensión ambiental en la asignatura como son:

- La disminución del número de temas y reducción de la cantidad de objetivos con el logro de una mejor organización metodológica de los mismos.
- El incremento de la motivación por medio de una mayor vinculación con la carrera donde se imparte la asignatura.
- Incremento del vínculo interdisciplinario entre las asignaturas del año lectivo.
- Sistema de evaluación utilizado (ejemplos: Seminarios Talleres y Trabajos Extraclases).

Los resultados alcanzados constituyen un incentivo hacia la continuación y perfeccionamiento de la educación ambiental de los estudiantes y, por otra parte, también podrían ser aplicados en otras asignaturas de la carrera de Licenciatura en Química, especialmente las correspondientes a la Química Orgánica, con las que se relaciona estrechamente.

Conclusiones

La identificación de los objetivos de la educación ambiental y las propuestas de variantes metodológicas para el tratamiento de la dimensión ambiental constituyen aportes novedosos al diseño de la asignatura Elementos de Bioquímica, y contribuyen a la formación de un pensamiento científico-ambientalista como momento de crecimiento en la formación de la personalidad de nuestros estudiantes. Con la aplicación de estas propuestas se logró incrementar la motivación de los alumnos hacia las cuestiones relativas al ambiente en el cual se desarrolla la actividad del hombre.

Se destaca la importancia de los métodos participativos como vía para activar el proceso de enseñanza-aprendizaje y como estrategia para la formación y desarrollo de valores, demostrándose la estrecha relación entre lo educativo y lo instructivo.

Nuestra tarea con este enfoque es abrir las puertas y sugerir caminos, de modo que el trabajo realizado no concluya con el curso. ■

Bibliografía

- Alvarez de Zayas, C., *La escuela de la vida: didáctica*, Editorial Pueblo y Educación, La Habana (1999).
- Arnáiz, F.J.; Pedrosa, M.R.; Mendía, A.; Arnáiz, S. y Aguado, R., Un ciclo de compuestos de plomo como modelo de experimentos con productos peligrosos, *Educ. quim.*, **113**, 333-335 (2000).
- Bermúdez, R.C.; Cárdenas, J.R.; García, N.; Serrat, M.J.; Gross, P.; Díaz, E.E.; Rodríguez, R.A.; Deroncelé, V.M.; Rodríguez, S.; Pérez, R.M.; Orberá, T.M.; Martínez, M.C. y Terry, A., *Valorización de los residuales del café*. Informe Final al Programa Nacional de Ciencia y Técnica de Desarrollo Sostenible de la Montaña. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente (2000).
- CITMA, PNUMA, FMAN, Lista oficial de Agentes Biológicos que afectan al hombre, los animales y las plantas. Resolución No. 42/99 (1999).
- García, J.M.; Fernández, A., Bioética y la protección del medio ambiente: reflexiones sobre el caso cubano. *Bioética desde una perspectiva cubana*, Centro Félix Varela, La Habana, 1998, p. 286-291.
- Grunwald, P., Biocatalysis and the interaction of heavy metals with enzymes and microorganisms. Actual topics in chemical lessons, *Resúmenes IV Congreso Internacional de Química y XIII Conferencia del Caribe de Química e Ingeniería Química. Revista Cubana de Química*, **XIII**[2], 32 (2001).
- Lehninger, A.L.; Nelson, D.L. y Cox, M.M., *Principles of Biochemistry* (Second Edition) Worth Publishers, New York, NY (1993).
- Naciones Unidas, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Programa 21, Parte I y II, Río de Janeiro, 3-14 de junio (1992).
- Novak, J., A view on the current status of Ausubels assimilation theory of learning. *American Educ. Res. Assoc. Meeting*, San Francisco, California (1992).
- Núñez, R.; Fonseca, E.L.; Bellota, M.R.; Villaverde, M.J. y Fuentes, M., Estudio de bioil frente a crudo Varadero, *Revista CNIC*, **26**[Número especial], 47 (1995).
- Oliva, M. y García-Oliva, F., Un nuevo campo de acción en la química biológica. Parte I. Generalidades sobre el cambio global, *Educ. quim.*, **9**[3], 136-141 (1998a).
- Oliva, M. y García-Oliva, F., Un nuevo campo de acción en la química biológica. Parte II. El estudio del cambio global como espacio profesional, *Educ. quim.*, **9**[4], 196-198 (1998b).
- Proenza, J. y González, S.L., La formación ambiental del profesorado de Química: un reto para las universidades pedagógicas en el tercer milenio. *Resúmenes IV Congreso Internacional de Química y XIII Conferencia del Caribe de Química e Ingeniería Química. Revista Cubana de Química*, **XIII**[2], 132 (2001).
- Universidad de Oriente, *Programa de Estudio para la asignatura Elementos de Bioquímica. Plan de Estudios de la Carrera de Licenciatura en Química*, Facultad de Ciencias Naturales, Santiago de Cuba (1999).

ANEXO

Programa de la asignatura Elementos de Bioquímica

Universidad de Oriente
Facultad de Ciencias Naturales
Carrera de Licenciatura en Química

Asignatura: Elementos de Bioquímica
Año: Quinto
Semestre: Noveno
Horas totales: 48

Tema	Plan temático				Total
	C	CP	S	L	
Metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas	18	8	14	8	48

C: conferencia; CP: clase práctica; S: seminario; L: prácticas de laboratorio

Objetivos generales de la asignatura

- Contribuir al desarrollo del pensamiento teórico de los alumnos mediante la aplicación de métodos científicos de análisis químico al estudio de los procesos bioquímicos, estableciendo la relación directa de la Química con otras ciencias como la *Bioquímica*, *Ecología*, *Genética*, etc.
- Interpretar los procesos bioquímicos relacionados con la transmisión del carácter hereditario y diferentes rutas metabólicas asociadas con el consumo y producción de energía, estableciendo: la relación estructura-función, el papel que desempeñan las enzimas, el ATP y otros nucleótidos en el metabolismo energético, así como la relación entre el metabolismo celular y la Química.
- Aplicar técnicas químicas en el trabajo experimental con material biológico.
- Utilizar la literatura propia de la asignatura en idioma inglés y aplicar las técnicas de computación en la elaboración de los informes de laboratorio.
- Desarrollar en los alumnos hábitos de trabajo colectivo y una adecuada ética profesional que les permita actuar en un grupo multidisciplinario con creatividad e independencia.

Sistema de conocimientos

La Bioquímica. Su objeto de estudio y su relación con otras ciencias. La célula y el metabolismo celular. Energética celular: mecanismo del acoplamiento de reacciones exergónicas y endergónicas; principales fuentes de energía en la célula (hidrólisis de compuestos claves); importancia de los pares redox. Biorreguladores: enzimas, vitaminas y hormonas. Características de las reacciones enzimáticas. Metabolismo de los carbohidratos y oxidaciones biológicas: glucólisis, fermentaciones láctica y alcohólica, balance material y energético; ciclo de Krebs, cadena respiratoria y fosforilación oxidativa, balance energético; anabolismo de los carbohidratos. Metabolismo de los lípidos: hidrólisis enzimática de los triacilglicéridos, oxidación de los ácidos grasos, balance material y energético. Metabolismo de compuestos nitrogenados: catabolismo de aminoácidos y proteínas. Estructura del ADN y del ARN, replicación, transcripción y síntesis de proteínas, regulación genética de la síntesis proteica. Interrelaciones metabólicas. Posición central del ciclo de Krebs, el acetil CoA y el piruvato como punto de ramificación en el metabolismo. Interrelaciones del metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas.

Sistema de habilidades

- Aplicar los conocimientos básicos de la Química Orgánica al estudio de las biomoléculas.
- Establecer la relación estructura-función de las diferentes biomoléculas objeto de estudio.
- Analizar el papel del ATP y otros nucleótidos en el metabolismo energético.
- Predecir las vías metabólicas a partir de la relación ATP/ADP en la célula.
- Determinar el papel de los enzimas en el metabolismo e interpretar los factores que influyen en su actividad.
- Representar y/o interpretar esquemas generales de las diferentes vías y ciclos metabólicos.
- Calcular el balance material y energético de las diferentes vías metabólicas.
- Establecer las relaciones que existen entre las diferentes áreas del metabolismo.
- Explicar el mecanismo de la biosíntesis proteica e importancia del metabolismo del ADN y el ARN para la vida.
- Aplicar las técnicas del laboratorio químico a materiales biológicos.
- Aplicar correctamente las normas de protección e higiene del trabajo.
- Consultar literatura en español e inglés, resumir la información científica orientada y exponer oralmente las ideas básicas del tema.
- Confeccionar mediante medios de cómputo electrónicos los informes de laboratorio e interpretar los resultados experimentales sobre la base de los conocimientos adquiridos.

Sistema de valores

La asignatura deberá contribuir durante su impartición al desarrollo de los siguientes valores:

- Manifiestar un espíritu de colectivismo y solidaridad durante el desarrollo en equipos de trabajo de las prácticas de laboratorio y la realización de los informes, según las dificultades que se confronten en el mismo.
- Crítica científica y desarrollo de una adecuada ética profesional.
- Desarrollo en los estudiantes de una cultura de protección ambiental.