

INFORME FINAL (julio 2016)
Proyectos de Innovación docente de la USAL

Referencia del Proyecto: ID2015/0007

TÍTULO: *Construcción de modelos de biomoléculas en un entorno cooperativo.*

AUTORES: F. David Rodríguez García y Juana Gutiérrez de Diego

Departamento de Bioquímica y Biología Molecular
Facultad de Ciencias Químicas
Universidad de Salamanca

Introducción.

La Bioquímica reúne diferentes niveles de acercamiento y aprendizaje que incluyen marcos relacionados entre sí: macroscópico, microscópico y sub-microscópico (molecular). En ocasiones, la apariencia es real aunque no visible a simple vista (por ejemplo, la figura de una mitocondria vista a través del microscopio electrónico); en otras se aproxima a lo real mediante el uso de una representación externa no coincidente con la realidad pero portadora de información esencial (por ejemplo, el modelo de cintas para representar estructuras secundarias de proteínas o una gráfica que corresponde a una fórmula matemática que, a su vez, refleja un comportamiento dinámico; por ejemplo, una reacción catalizada por una enzima determinada).

El hecho de que ciertos elementos de representación visual o externa (ERs), así denominados por la psicología cognitiva (Lohse et al., 1991), puedan parecer comunes y conocidos, no nos debe conducir a la asunción de que la capacidad de interpretación correcta está completamente desarrollada en nuestros estudiantes. Algunos elementos de representación externa e ciertos ámbitos de la ciencia tienen un carácter más universal y extendido (por ejemplo, los símbolo ∞ , infinito, o Σ , sumatorio). En Bioquímica, el elemento de información visual aparece a veces representado de formas diferentes (por ejemplo, un puente bisulfuro entre dos cisteínas como —S—S— o como una línea de color amarillo). Nos puede parecer que cualquier estudiante reconoce que la representación de cintas en una proteína corresponde a la estructura secundaria de hojas plegada beta y que la flecha al final de la cinta indica la secuencia de residuos aminoacídicos desde el extremo amino al extremo carboxilo (Figura 1). Sin embargo, muchos estudiantes no interpretan bien dicha información porque la desconocen y no han sido ilustrados a tal efecto. Además, expertos en diferentes campos de la bioquímica diseñan continuamente modelos visuales específicos que solo ese entorno conoce y son conocidos más ampliamente solo con su consolidación como elemento aceptado por un amplio grupo y con el paso del tiempo. De ahí la necesidad de conocer, estudiar e interpretar los códigos visuales. Podemos hablar en este punto de “alfabetización visual” o capacidad para descifrar correctamente la simbología que representa fenómenos o estructuras determinadas (Schönborn, 2005; Schönborn y Anderson, 2006).

Los modelos moleculares utilizados en química y en bioquímica no son una miniatura de la realidad, como ocurre en el caso de un modelo de avión en tamaño pequeño, sino más bien una metáfora de una realidad de la mecánica cuántica que establece las relaciones entre los átomos que forman moléculas (Bent, 1984). Por tanto, el modelo representa una sustancia, un concepto que nos ayuda a comprender una realidad difícilmente tangible para una mente no entrenada con elaborados conocimientos de

mecánica cuántica. La labor del docente se dirige a facilitar la comprensión del significado del modelo y sus implicaciones, a enseñar las reglas del lenguaje del modelo (que, a pesar de no ser una copia fiel de la realidad, contiene información relevante y aplicable a otros casos).

Los modelos moleculares constituyen un lenguaje específico (*“model talk”*) que es necesario comprender y aprender para poder interpretar y deducir propiedades y funciones de las biomoléculas (Bent, 1984).

Los modelos que utilizamos en esta actividad corresponden al sistema de bolas y palillos (*“Ball-and-sticks”*). Como afirman Harrison y Treagust (1996) estos modelos permiten una representación tridimensional sencilla en la que aparecen todos los enlaces que cada átomo establece y también, casi en todos los casos, el ángulo de enlace correcto. Además, se pueden comprobar fácilmente los impedimentos de rotación de enlaces dobles y triples y la libertad de rotación de los enlaces sencillos. Este sistema también es útil para demostrar propiedades isoméricas (isómeros L y D, confórmeros, etc.). Sin embargo, es necesario señalar que presenta puntos negativos relacionados con el tamaño igual de los átomos (aquí es importante la instrucción de esta característica a los estudiantes), que ofrece una estructura más abierta de lo que corresponde en la realidad (la instrucción también puede subsanar este defecto). Pero la simplicidad es una ventaja que nos permite realizar construcciones rápidas e ilustrativas de las biomoléculas más relevantes en este curso. El papel del profesor es esencial a la hora de analizar con los estudiantes, durante el acto de construcción, los elementos esenciales del modelo analógico.

Por otro lado, el montaje de modelos tridimensionales en formato *“manos a la obra”* permite salir del esquema unidimensional (verbal) y bidimensional (dibujos proyectados) y constituye una etapa puente orientada a familiarizar al estudiante con el mundo tridimensional (más cercano a la realidad) de las biomoléculas y a los nuevos sistemas y diseños de visualización y animación en tres dimensiones, 3D, aplicados a macromoléculas y complejos supramoleculares. (Richardson y Richardson, 2002)

Contenido

De monómeros a polímeros. De estructuras sencillas, a estructuras más complejas. Organización estructural de las biomoléculas.

Organización.

Esta actividad se organizó en coincidencia con el estudio de las biomoléculas (primera parte de la asignatura). Hemos seguido un sistema adaptativo. De esta forma, si los estudiantes eran capaces de manejar los modelos con rapidez y de construir moléculas sencillas sin dificultad, pasamos directamente al ensamblaje de moléculas más complejas.

Los profesores hemos estado presentes durante toda la actividad y observado la forma en que los estudiantes abordan el ensamblaje con el fin de proporcionar, mediante el modelo, una herramienta útil. (Stylianidou, Ormerod y Ogborn, 2002) y para comprobar que los estudiantes conocían los conceptos enumerados en las observaciones que les fueron entregadas por escrito.

Desarrollo de la sesión

I. **Explicación breve de los modelos.** Ver anexo I.

II. **Actividades** (En el anexo II se presentan fotografías de la sesión de trabajo tomadas con permiso de los alumnos)

Actividad 1. Modelación de hidratos de carbono

1. Cada grupo de 6 alumnos construye dos modelos de **alfa-D-glucosa**

Observaciones:

- Numerar los carbonos
- Distinguir los anómeros alfa y beta
- Identificar las posiciones axial y ecuatorial de los sustituyentes
- Distinguir las conformaciones silla y bote alternando la posición del C1 en el anillo piranósico respecto al plano formado por C2, C3, C5 y O.

2. Unir ambas glucosas en enlace alfa 1→4 para formar el disacárido **maltosa**.

3. A partir de las dos alfa-D glucosa, formar dos beta-D-glucosas y unir las mediante un enlace beta 1→4 para formar **celobiosa**

Observaciones:

- Definir el enlace glucosídico
- Comprender la diferencia entre un enlace en alfa y un enlace en beta y su significado estructural y funcional

Actividad 2. Modelación de un diglicérido:

Cada grupo de 6 alumnos construye una molécula del **Diacilglicerol**: sn-1 palmitoil, sn-2 oleil glicerol.

Observaciones:

- Establecer las diferencias entre un ácido graso saturado y otro insaturado.
- Señalar los enlaces éster que presenta la molécula.
- Distinguir un doble enlace en geometría *cis* de un doble enlace en geometría *trans*
- Señalar las regiones polares y apolares de este lípido

Actividad 3. Modelación de aminoácidos

Cada grupo de 6 alumnos construye **dos L-aminoácidos** indicados en sus formas no cargadas

Observaciones:

- Numerar los carbonos
- Distinguir las formas L y D
- Anotar las propiedades químicas de la cadena lateral correspondiente

Actividad 4. Enlace peptídico: dipéptido.

Cada grupo de 6 alumnos construye **dos L-aminoácidos** indicados en sus formas no cargadas

Observaciones:

- Reconocer los átomos que forman el plano del enlace peptídico
- Explicar la rigidez del enlace peptídico (doble enlace parcial)
- Indicar los ángulo Ψ y Φ .
- Señalar los extremos amino y carboxilo terminales

Actividad 5. Modelación de un nucleótido: dAMP

Cada grupo construye una molécula de desoxiadenosina 5' monofosfato

Observaciones

- Reconocer el carácter plano del anillo de purina
- Definir la Numeración de los átomos de la base nitrogenada y del azúcar
- Definir el enlace glucosídico entre las posiciones 1 de la ribosa y 9 de la base nitrogenada.
- Señalar el enlace éster entre el grupo fosfato y el grupo alcohol de la posición 5 de la pentosa.
- Definir las propiedades físicas y químicas del dAMP

III. Evaluación.

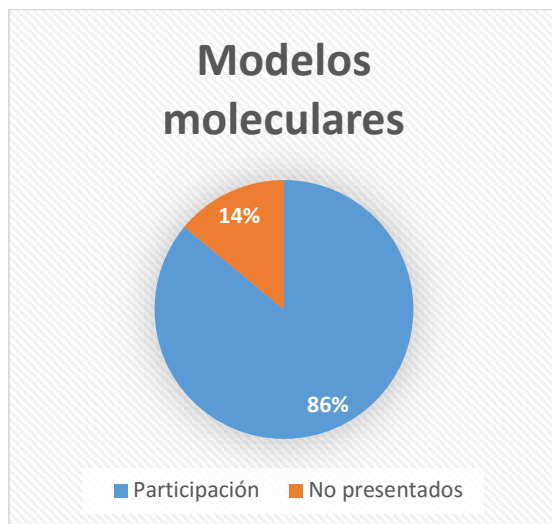
Cada grupo de tres alumnos entregó un modelo de un L-aminoácido asignado por los profesores. La valoración fue grupal y se basó en dos elementos:

-desarrollo de la actividad (desempeño del trabajo designado en todas las actividades)

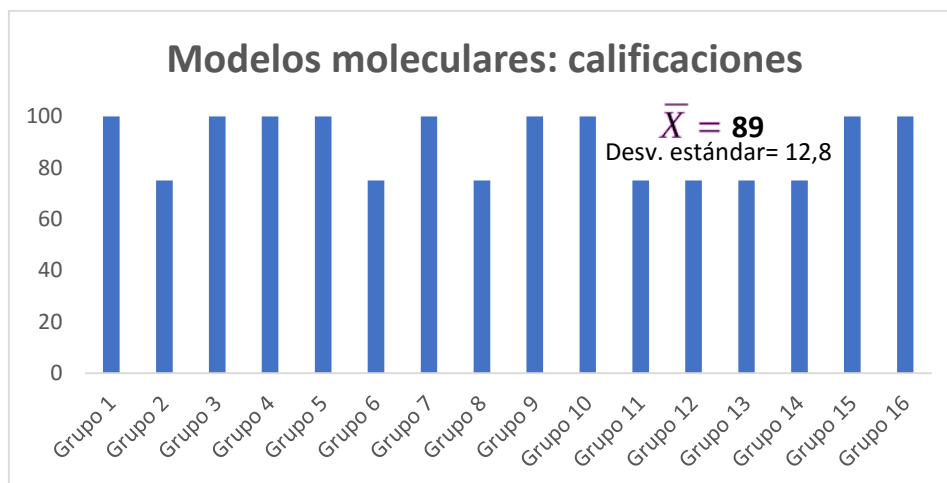
-montaje del modelo (estructura de la cadena lateral y la configuración L del aminoácido específicamente demandado)

Resultados de la evaluación de esta actividad

1.Participación: 86%: 49 alumnos de 57matriculados, distribuidos en 16 grupos. Se representa en la siguiente figura:



2. Calificaciones. A continuación, se presentan las calificaciones por grupos de tres alumnos (máximo 100 puntos):



Encuesta a los alumnos sobre la actividad

A continuación, se resumen los resultados de una encuesta anónima que contestaron 41 alumnos, que representan el 71,9 % de los alumnos matriculados).

1. Percepción de la utilidad para el aprendizaje y coordinación del equipo de trabajo:

Con relación a la actividad de construcción de modelos moleculares, señala la opción que consideres más apropiada		
Respuesta	Media	Total
Es una actividad en la que he aprendido mucho	46%	19
Es una actividad en la que he aprendido poco	46%	19
Es una actividad en la que no he aprendido nada	7%	3
Total	100%	41/41

Con relación a la actividad de construcción de modelos moleculares, señala una de las siguientes opciones		
Respuesta	Media	Total
Trabajamos muy coordinadamente todos los miembros del grupo y el trabajo se distribuyó equitativamente.	68%	28
La coordinación del grupo y distribución del trabajo fue escasa y poco eficiente	29%	12
No hubo coordinación alguna y la distribución del trabajo fue nula	2%	1
Total	100%	41/41

Para lo que me ha resultado más útil la construcción de modelos moleculares ha sido:		
Respuesta	Media	Total
Para comprender la tridimensionalidad de las moléculas	24%	10
Para visualizar los grupos funcionales de las biomoléculas	17%	7
Para ambas	49%	20
La actividad no me ha resultado útil.	10%	4
Total	100%	41/41

2. Algunos comentarios individuales de los alumnos:

Escribe las sugerencias que consideres oportunas relacionadas con la actividad construcción de modelos moleculares (organización, contenidos...etc)

Respuesta

Poder unir más modelos moleculares para poder ver la hélice alfa.

Poner más modelos para que los grupos puedan ser mas reducidos.

Quizás emplear algo mas de tiempo en la construcción de los modelos. Ayudan para visualizar bien las moléculas y creo que viene bien.

Más contenidos

Creo que sería más efectiva los primeros días de clase

Mas tiempo para realizar la actividad

Que pudiera haber una caja para cada grupo de tres.

Simplemente creo que los grupos de trabajo deberían haber sido más pequeños para poder participar más.

Se necesitaria mas tiempo para hacer mas ejemplos y una explicacion de los profesores

Creo que deberíamos hacer alguna más, quizá aprovechando los días que acabemos cada uno de los temas de biomoléculas para ayudar a la visualización y el entendimiento del tema.

grupos mas pequeños, al ser tan grandes los grupos hubo menos participación de cada integrante del grupo.

El tiempo para su realización fue escaso, en mi opinión, haría falta más tiempo

Menos gente por grupos. Mucha gente no tuvo ningún trabajo que hacer

Esta actividad me ha parecido de las más interesantes de todo el curso, aunque en mi opinión se aprovecharía más construyendo más modelos, introduciendo variedad (más biomoléculas, grupos funcionales, etc)

Explicaciones mas calmadas por parte del profesorado en las horas de tutoria

grupos de menos gente, para poder hacer todos mas cosas y poder aprender mas.

En mi opinión, es mucha gente para manejar muy pocos modelos moleculares, lo que dificulta la visualización de las biomoléculas. Como sugerencia, si no fuera posible tener más modelos moleculares, propongo dividir la clase en dos grupos que realicen esta actividad en momentos diferentes, para que así se pudiera llevar a cabo el manejo de los modelos por más gente de forma más sencilla y organizada.

3. Valoración global de la actividad:

Valora globalmente la actividad de construcción de modelos moleculares desarrollada en el aula de 1 (muy negativo) a 5 (muy positivo)											
						Rango de la media	↓				
						1	2	3	4	5	
						█				3.3	
Respuestas	1	2	3	4	5	Total					
.	1 (2%)	8 (20%)	13 (32%)	14 (34%)	5 (12%)	41					

Consideraciones de los profesores.

En opinión de los profesores, el desarrollo de esta actividad permite un acercamiento más real a la estructura química de las biomoléculas. Estamos de acuerdo con algunos alumnos que han expresado que el tiempo no ha sido suficiente y que no han tenido acceso a una caja de modelos por grupo. El exiguo presupuesto no nos ha permitido adquirir más modelos, pero estamos trabajando para conseguir más y disponer así del suficiente material para realizar la actividad con medios materiales suficientes.

Esta actividad será incorporada de forma permanente a las actividades de aprendizaje/ evaluación continua de la asignatura Bioquímica del Grado en Química por cuanto representa un claro ejemplo de aprendizaje en un entorno colaborativo que puede evaluarse de forma inmediata.

Ciertamente, desde un punto de vista organizativo, creemos que es pertinente reorganizar la sesión de modo que podamos disponer de un tiempo razonable para la comprensión de los modelos una vez contruidos y para revisar las estructuras de las principales biomoléculas. Es importante construir el modelo y es esencial reconocer las propiedades fisicoquímicas más relevantes de la estructura a partir del modelo.

En conclusión, este proyecto de innovación docente ha sido muy útil para el diseño y programación de nuestra asignatura que pretendemos estructurar sobre una base sólida y dinámica.

Referencias.

- Bent, H.A. (1984) Uses (and abuses) of models in teaching chemistry. *J. Chem. Edu.*, 61, pp 774-777.
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (1996) Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Sci. Edu.* 80, 5, pp 509-534.
- Lohse G., Walker, N., Biolsi K., Rueter, K. H. (1991) Classifying graphical information. *Behav. Inform. Technol.* 10, pp 419-436.
- Richardson, D. C. and Richardson, J.S. (2002). Teaching Molecular 3-D Literacy. *Biochem. Mol.Biol. Edu.* 30, 1, pp. 21-26.
- Schönborn, K. J. (2005) Using student difficulties to identify and model factors influencing the ability to interpret external representations of IgG-antigen binding. Ph.D. thesis, University of KwaZulu-Natal, SouthAfrica.
- Schönborn, K.J. and Anderson, T. R. (2006). The Importance of Visual Literacy in the Education of Biochemists. *Biochem. Mol. Biol. Edu.*34, 2, pp. 94-102.
- Stylianidou, F., Ormerod, F. Ogborn, J. (2002) Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *Int. J. Science Educ.*, 24, pp 257-283.

ANEXO I. Modelos Orbit Cochranes

-Colores de los átomos: **C, negro; N, azul; O, rojo; S, amarillo; P, violeta; H, blanco**

-Formas de los átomos (ver figura 1)

Carbono tetraédrico	Hibridación sp ³
Carbono trigonal	Hibridación sp ²
Carbono lineal	Hibridación sp
Nitrógeno trigonal	Aminas, -NH ₂ y derivados
Nitrógeno lineal	Grupos diazo -N=N
Nitrógeno angular	Heterociclos aromáticos
Oxígeno angular (120 °)	En grupos -OH, -C-O-C
Oxígeno lineal	En enlaces de H
Oxígeno "monovalente"	En oxígeno carbonílico -C=O
Azufre angular (divalente)	Grupos tiol -SH y disulfuro -S-S-
Azufre "monovalente"	Grupos C=S
Fósforo tetraédrico	Grupo ortofosfato
Hidrógeno monovalente	Solo admite un sustituyente
Hidrógeno lineal "divalente"	Enlaces de H

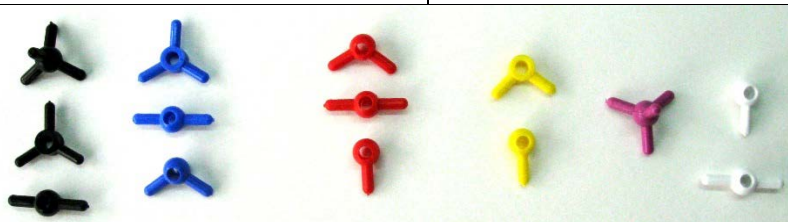


Figura 1. Formas más comunes de los átomos empleados



Doble enlace C=C

Enlaces de H

Enlaces largo y corto

Figura 2. Enlaces

ANEXO II.

Fotografías de la sesión. Bioquímica (Grado en Química). Curso 2015-16



Algunos ejemplos de modelos construidos:

