

Aprendizaje significativo y colaborativo con Usina

Bacigalupo, María Lorena; Faraj, Santiago Enrique; Pignataro, María Florencia; Salvatierra Fréchou, Damiana; Valsecchi, Wanda.

Cátedra de Química Biológica Superior, Departamento de Química Biológica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.

lorebaci@gmail.com, sefaraj@gmail.com, mariaflorenciapignataro@gmail.com,
damianasalvatierra@hotmail.com, wvalsecchi@gmail.com

Resumen

Química Biológica Superior (QBS) forma parte del ciclo superior de la carrera de Bioquímica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. La asignatura está formalmente orientada al estudio de los mecanismos de control y regulación de los procesos metabólicos y celulares, siendo el tema de Análisis del Control Metabólico (MCA) el más significativo en términos de las grandes preguntas de la materia. Sin embargo, la propuesta de trabajo actual de la cátedra hace que MCA no desarrolle todo su potencial como eje transversal a través del cual integrar los demás contenidos de la asignatura.

Con el objetivo de recomponer esto, en este proyecto proponemos articular la integración de todos los tópicos en el marco de MCA mediante una actividad de simulación utilizando la plataforma Usina, donde se propone al estudiante personificarse en un investigador realizando su trabajo en el laboratorio, que busca responder una pregunta relevante basándose tanto en sus conocimientos como en evidencia experimental previa (recabada mediante búsquedas informáticas), para la construcción de una hipótesis. De esta manera se integrarán armónicamente los diversos contenidos facilitando su adecuada comprensión así como la adquisición de saberes y criterios pertinentes a la formación profesional.

Palabras clave: simulación, usina, campus virtual, tema generativo, aprendizaje significativo, aprendizaje colaborativo

Contexto actual

Química Biológica Superior (QBS) es una materia que forma parte del ciclo superior de la carrera de Bioquímica, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Formalmente, el programa de esta asignatura está orientado hacia el estudio de los mecanismos de control y regulación de los procesos metabólicos y celulares. Parte de la propuesta formativa de QBS es que los estudiantes sean capaces de resolver problemas en los que se enfrentan con nuevas aristas para los temas que han estudiado. Esto requiere que incorporen la noción de que los sistemas biológicos son complejos, con gran interrelación entre las variables, y efectos recíprocos entre los distintos componentes del sistema. Asimismo, se busca que logren sistematizar el manejo de información (interpretación, organización y análisis) proveniente de publicaciones científicas, simulaciones computacionales, bases de datos, observaciones directas de fenómenos fisicoquímicos, estimaciones parámetros, etc.

Tanto en el marco de las clases expositivas como en los exámenes, se pretende que los estudiantes destierren la noción de que los saberes son un bagaje inerte y apliquen sus conocimientos para comprender resultados, pudiendo hipotetizar consecuencias experimentales en diferentes escenarios. Mediante el uso de problemas se busca que los alumnos comprendan preguntas que un grupo de investigación previamente se formuló, que analicen los resultados, las implicancias de los mismos, y que luego sepan explicar por qué prosiguen la investigación con determinados experimentos. Asimismo, en un nivel más avanzado, deseamos que los estudiantes puedan plantear nuevas preguntas y

experimentos para someter a prueba sus hipótesis, asimilando un rol activo en la construcción del conocimiento, y desarrollando su pensamiento crítico.

Los trabajos prácticos de QBS constan de clases de seminario, sesiones de laboratorio y resolución de problemas. Actualmente se organizan en 4 módulos, con una secuencia lineal de los contenidos. El último de ellos, Análisis del Control Metabólico (MCA), es el centro del currículum formal de la asignatura y propone analizar las vías metabólicas desde una nueva perspectiva, para profundizar y englobar los contenidos estudiados.

MCA es un tema sumamente rico en conexiones e interrelaciones con distintos contenidos pertenecientes tanto a QBS como a otras materias de la carrera, pero se debe dar tiempo y guía al estudiante para una adecuada comprensión, y contamos con escasos encuentros presenciales para desarrollarlo, sumado a que es el último módulo de la materia, lo que hace que no se disponga de suficiente tiempo para analizar lo aprendido luego de las clases y antes del examen.

Propuestade mejora

Una vía metabólica puede definirse como una secuencia de reacciones que van transformando un compuesto en otro. El concepto de “paso limitante” -es decir, que un paso de la vía es el que determinará la velocidad máxima que podrá adquirir dicha vía- se propuso en el año 1905, y desde entonces, ha dominado el abordaje del control de las vías metabólicas. Hace varios años surgió la teoría de MCA, que supone (en oposición a la visión clásica) que no existe un único paso limitante, sino que la velocidad de una vía estará determinada por el sistema biológico en estudio, es decir, que todas las enzimas de la vía, la interacción entre las mismas y sus moduladores para determinado estado fisiológico influirán en la velocidad neta a alcanzar.

Proponemos abordar el tópico de MCA desde el inicio del dictado de la asignatura, utilizándolo como tema generativo y eje

transversal a partir del cual abordar los siguientes módulos, permitiéndoles a los estudiantes enriquecer su aprendizaje con el uso de esta recientemente adquirida herramienta. Así mismo proponemos un ejercicio para mejorar la comprensión de MCA utilizando la plataforma Usina, que es un entorno virtual para el diseño de simulaciones desarrollado por el Centro de Innovaciones en Tecnología y Pedagogía de la UBA. En una estrategia de aprendizaje basado en casos, utilizaremos dicha plataforma para generar una actividad en la que los alumnos enfrenten un problema de características similares a las que enfrenta un investigador en su trabajo cotidiano. Esto permitirá establecer relaciones significativas entre los aprendizajes teóricos y prácticos que ofrecemos a los estudiantes y una situación real que proponga problemas no previstos en la presentación original del tema (Gvirtz y Palamidessi, 1998). En *La escuela inteligente*, Perkins (1997) propone al uso activo del conocimiento como una de las metas generales ligadas a la esencia de la educación. Dado que el aprendizaje es una consecuencia del pensamiento, este tipo de conocimiento sólo puede alcanzarse en un contexto en el que el alumno reflexione sobre el objeto de su enseñanza. En este sentido proponemos un trabajo donde los estudiantes sean los responsables de tomar las decisiones de los pasos a seguir en una experiencia de laboratorio, elaborar hipótesis y ponerlas a prueba como parte de su proceso comprensivo.

La falta de tiempo es uno de nuestros mayores desafíos en la enseñanza de MCA. Al utilizarlo como tema generativo se podrán desarrollar los conceptos introductorios y luego continuar con la enseñanza del tema a medida que de él se desprenden, inevitablemente, los demás contenidos del currículum. La teoría del control presenta a los estudiantes, por primera vez, la noción de la biología de sistemas, donde cada proceso, mecanismo o reacción es un nodo que pertenece a múltiples vías metabólicas. Si extendemos esto a miles de vías que

comparten de forma compleja miles de nodos, entonces llegamos a la conclusión de que nada puede ocurrir en una célula sin provocar efectos con distinto nivel de impacto sobre todo el organismo. De esta manera, entender la teoría de MCA adentrará a los estudiantes a la comprensión completa de todos los demás fenómenos y de las relaciones entre ellos.

A lo largo de la simulación propuesta, los estudiantes deberán tomar decisiones que les permitan resolver problemas tales como la elección del sistema de estudio, de los experimentos a realizar para poner a prueba una hipótesis, la interpretación de resultados y el análisis de los mismos en el contexto global. Al analizar el resultado de cada paso, podrán confirmar o rectificar su hipótesis original y analizar un nuevo cúmulo de información para poder tomar la decisión que sigue. En este sentido, los docentes orientarán la búsqueda de información por parte de los estudiantes en distintos repositorios digitales. Hacia el final de la experiencia, cada alumno tendrá una serie de caminos recorridos y podrá elaborar, de manera individual o a partir de la discusión entre pares, su comprensión del sistema en estudio.

El problema estará cuidadosamente diseñado para que los estudiantes pongan en práctica las habilidades que de manera acumulativa fueron desarrollando en toda la carrera y en las que hacemos especial énfasis en nuestra materia, como la búsqueda bibliográfica, la utilización de simuladores de reacciones químicas, programas de visualización molecular, y búsquedas en bases de datos específicas. En conjunto, pondrán a trabajar su propio criterio como investigadores y se expondrán a la necesidad de integrar conocimiento de ésta y otras materias de forma creativa, razonada y organizada.

En una instancia posterior, con la guía del docente, los estudiantes discutirán sus diferentes enfoques en el marco de una actividad metacognitiva, para que puedan compartir sus experiencias. Mediante la reconstrucción de las alternativas y caminos recorridos por cada uno, avanzaremos hacia una situación de cognición distribuida, que

resultará en un conocimiento ampliado, de orden superior, del que tanto docentes como estudiantes podremos nutrirnos para analizar y reflexionar los motivos de las distintas opciones de resolución que se hayan propuesto.

Fundamentación disciplinar

Mediante nuestra propuesta buscamos generar cambios en el modo de pensamiento disciplinar: en lugar de enseñar todos los temas para luego mostrar que es necesario tener una visión holística, se planteará inicialmente la necesidad de una visión más comprensiva para que luego cada tema sea abarcado desde esa perspectiva.

La propuesta será innovadora en tanto que tratará de poner a los estudiantes ante la situación de resolver un problema experimental (inspirado en publicaciones reales), que les requerirá comprender el problema original que motiva la investigación y la hipótesis que orienta el trabajo. Dicha investigación propondrá un enfoque de MCA, e incluirá conocimientos de los demás módulos que comprenden la asignatura. Con ello pondrán en práctica las habilidades aprendidas a lo largo de la cursada.

La materia invita a los estudiantes de Bioquímica a encarar la disciplina científica como un área en constante desarrollo, donde los conocimientos varían permanentemente gracias a la investigación. En todo momento durante la cursada los alumnos encuentran que los temas que se enseñan son fruto de investigaciones que comenzaron hace décadas, pero que incluyen conocimientos de muy reciente publicación, así como también escuchan permanentemente advertencias con respecto a que todavía queda mucho por estudiar sobre algún asunto, o que cierto aspecto no se conoce aún con claridad, o que actualmente algún concepto se está poniendo en duda. Esto implica que se enfrentan a la investigación científica como un campo dinámico donde todo está abierto a revisión, lo que les plantea la dificultad epistemológica de incorporar saberes que en muchos casos

son transitorios y además de entender que para todo conocimiento existen excepciones y casos particulares.

La ciencia en este sentido se caracteriza por ser un continuo proceso de toma de decisiones. Muchas veces diversas decisiones llevan por caminos distintos a buenos resultados, permitiendo llegar a conclusiones valiosas. La clave es comprender correctamente los resultados de un experimento para saber cómo continuar, y saber aprovechar todos los conocimientos previamente publicados. A la hora de intentar transmitir estas aptitudes, es indispensable plantear al aprendizaje como un proceso activo y constructivo, que permita al estudiante aprender a pensar y actuar por sí mismo (Coll, Mauri y Onrubia, 2008).

La estrategia que empleamos actualmente consiste fundamentalmente en presentar un marco general y luego describir un experimento con su resultado para que los estudiantes lo analicen. Este enfoque resulta muy lineal y no da lugar al trabajo creativo de los alumnos. Los obliga a ir al tiempo que marca el docente y lo limita a explicar el porqué de un experimento sin posibilidad de proponer cómo seguir para luego avanzar por un camino diferente al propuesto. En contraste con esta forma de trabajar, el simulador de toma de decisiones ofrece flexibilidad a la hora de optar por diversas alternativas.

La implementación de la simulación dará un valor adicional a nuestra propuesta de enseñanza. Por un lado permitirá al estudiante analizar distintos caminos, mejorar la interpretación del problema, abordarlo desde diferentes ópticas y optimizar la selección de experimentos. Además, los estudiantes podrán realizarla fuera de clase, con más tiempo y en cuantas sesiones crean convenientes, y será posible realizarla tantas veces como quieran y explorar todas las opciones propuestas por los docentes. Incluso podrán equivocarse intencionalmente para poder visualizar las consecuencias y así obtener los enormes beneficios de trabajar el error y no sólo de comprender lo que es correcto, sino también

por qué lo incorrecto es incorrecto, o menos apropiado. Todo ello en conjunto les permitirá desarrollar un verdadero sentido crítico de la investigación.

Resulta muy inspirador el análisis que Raths, Wassermann, Jonás y Rothstein (1986) realizan sobre las operaciones del pensamiento, donde destacan que el docente debe brindar a sus alumnos oportunidades para pensar con libertad, y examinar los resultados de esa actividad. Ese pensar asociado con la investigación y la toma de decisiones formará hábitos de indagación reflexiva. La precaución en las generalizaciones, la capacidad de identificar supuestos y la habilidad para extraer conclusiones a partir de los datos que se tiene son pruebas positivas del pensamiento. Pensar implica una forma de enfrentar una situación nueva, significa examinar las alternativas existentes y tratar de ensayar nuevas hipótesis (Raths *et al.*, 1986).

Uno de los mayores desafíos para que el ejercicio resulte en una situación de aprendizaje genuino será integrar los contenidos de todos los módulos en el marco de la teoría de control para permitir una profunda comprensión de los temas trabajados. Como educadores, debemos desarrollar las habilidades para comunicar a los estudiantes los verdaderos desafíos de la investigación. Las decisiones de diseño de la simulación deben contemplar que es necesario prever qué estrategias son factibles de ser consideradas por los estudiantes para resolver la situación planteada. Esto nos obligará a ser flexibles y considerar cuál es el motivo de cada posible decisión para poder plantear un escenario realista, a partir del cual el estudiante pueda seguir trabajando de manera que el recorrido tenga consecuencias encadenadas. Ya sea que se opte por la mejor estrategia experimental, o se recurra a un procedimiento que arruine por completo la muestra, el estudiante debe recibir una explicación clara y consistente que le permita continuar o recomenzar con el proceso habiendo enriquecido su comprensión del tema.

Además de definir las opciones por las que es posible decidir, es necesario proveer los elementos apropiados (u orientar al estudiante para que los recupere por sí mismo) para encarar cada paso de la toma de decisiones. De esta manera el docente es quien crea la estructura de trabajo en que se desarrolla este proceso activo de aprendizaje y guía al estudiante haciendo las preguntas adecuadas, marcando las consecuencias de las decisiones en el contexto específico en que se enmarca la situación a resolver. Esto nos remite a la idea de andamiaje de Bruner (1998), que hace referencia a la situación en que el docente aporta el sostén sobre el que los estudiantes pueden apoyarse, para poder construir sobre la base de un uso activo del conocimiento y así aprender con mayor eficacia y facilidad.

Destinatarios

Los destinatarios serán estudiantes de cuarto año, del ciclo superior de la carrera de Bioquímica. En nuestra materia los estudiantes se enfrentan a la necesidad de pensar problemáticas experimentales y elaborar conclusiones sobre la base de resultados propios (obtenidos en los trabajos prácticos) y de otros investigadores. Como docentes, detectamos la falta preparación de los alumnos en la resolución de problemas y trabajos prácticos, dado que una estrategia habitual de algunos es asistir a clase para copiar las resoluciones y disponer de dicho material para estudiar en ocasión del examen. Pero también cabe destacar que la materia es entendida por algunos alumnos como una oportunidad para zambullirse en el modo de trabajo de un investigador, ven con agrado que se les exija rigurosidad a la hora de analizar sus resultados de trabajos prácticos, integran los diversos saberes obtenidos a lo largo de la materia, y disfrutan de cuestionar las indicaciones cuando creen que existen otras maneras de obtener el mismo resultado. Al margen de los distintos intereses particulares de los estudiantes y de las incumbencias formales de la profesión bioquímica (entre las que la bioquímica clínica se destaca), la formación del

pensamiento crítico para proceder de forma metódica y en base a la evidencia será fundamental y de utilidad para todo campo profesional.

Experiencias previas con el uso de tecnologías

QBS cuenta con un *campus* virtual al cual los alumnos pueden recurrir para plantear dudas, entregar informes de trabajos prácticos, consultar material e informarse sobre novedades. Sin embargo, su principal uso actualmente es como plataforma para la distribución de material y como canal de comunicación. Dado que el volumen y la complejidad del contenido requiere mucho trabajo de los alumnos fuera del aula, parte de nuestra propuesta incluye aprovechar otras posibles funcionalidades del *campus* para el aprendizaje, como por ejemplo, la posibilidad de alentar la discusión y el debate entre pares para profundizar los temas estudiados.

Parte del cuerpo docente tiene experiencia en el diseño y la implementación de Usina como actividad de uno de los módulos de la materia. A su vez, en el primer módulo de la materia introducimos a los alumnos en el uso de un programa de visualización de estructuras proteicas (*PdbViewer*). También hemos trabajado con programas de simulación de reacciones químicas como COPASI, donde se establecen modelos matemáticos que representan procesos biológicos. Con el objetivo de familiarizar a los estudiantes con los mecanismos de búsqueda de material bibliográfico, también se realiza una actividad virtual en la que se deben encontrar publicaciones sobre un tema muy específico seleccionado por el docente.

Alcances deseados

Nuestra propuesta integrará los contenidos de la parte práctica de la materia en la resolución de una actividad y se extenderá a todos los estudiantes que estén cursando QBS (aproximadamente 250 alumnos por año) y a todo el plantel docente (30 docentes entre

profesores, jefes de trabajos prácticos y auxiliares). Mediante el uso de la plataforma Usina como base para la toma de decisiones pretendemos que los estudiantes se empoderen del rol que les proponemos (como investigadores profesionales) para luego, una vez tomadas las decisiones, alcanzar un nivel de abstracción mayor para interpretar los resultados obtenidos. Además, se trabajará específicamente fomentando el aprendizaje colaborativo entre pares a través de la habilitación de un foro que profundice el análisis, la discusión y produzca nuevos interrogantes.

Los objetivos específicos que se esperan obtener son:

- Lograr una comprensión adecuada por parte de los alumnos de los contenidos de MCA
- Integrar los contenidos con los diferentes módulos de la materia
- Generar en los alumnos un criterio científico adecuado

Y algunos aspectos positivos que deseáramos promover son:

- Desarrollar un modo de trabajo participativo que conlleve a su vez al aprendizaje colaborativo
- Tratar de favorecer un aprendizaje activo
- Utilizar la interpretación del error como algo positivo a partir de lo cual construir

Tecnología en el proyecto

En este proyecto en particular planteamos la resolución de un problema integrador utilizando un entorno dentro de Usina, dado que ésta permite la elaboración y contrastación de hipótesis haciendo posible visualizar el error y transformarlo en objeto de reflexión y análisis. Desde la perspectiva didáctica, Usina está concebida como una propuesta de enseñanza basada en la resolución de problemas y la toma de decisiones. El uso de este simulador se plantea en una primera instancia fuera de un contexto áulico, es decir que los estudiantes lo utilicen en sus casas, para luego fomentar la discusión en el aula de los resultados

obtenidos. Por lo tanto la actividad tendrá una instancia virtual y una presencial. Los resultados experimentales que los alumnos obtengan deberán ser analizados por ellos, fomentando la discusión entre pares a través del foro, y la devolución del docente se realizará en la clase presencial. A través de la discusión grupal se buscará el proceso reflexivo del alumno, donde prevalecerá el valor de haber transitado la vía seleccionada antes que el resultado alcanzado.

Desde la perspectiva expresada, más allá de las tecnologías que utilicemos, son las decisiones docentes y el modo de implementar los proyectos o actividades los que imprimen el carácter de “innovador” a los mismos. Es decir, es el docente quien, a través del uso de las tecnologías, puede ofrecer propuestas de distinto tipo a sus estudiantes (Lion, Soletic, Jacobovich y Gladkoff, 2011). El problema desarrollado en este proyecto arroja distintas alternativas de resolución. Cada alternativa iniciará un camino que tiende a favorecer la construcción de conocimiento. En este sentido, no se trata solo de pensar en respuestas correctas o incorrectas, sino en vías posibles de resolución que conllevarán distintas consecuencias (Lion *et al.* 2011).

En concreto, las herramientas/tecnologías requeridas para desarrollar este proyecto son las siguientes: Plataforma Usina; Campus virtual de QBS; Foro de discusión accesible en el campus virtual de QBS: Moodle 2.0; Programas de simulación y visualización molecular: *Copasi*, *Spdb-viewer*, etc.; Información con diferentes soportes de la Web 2.0: videos, audios, imágenes, animaciones, material escrito, etc.; Bases de datos, buscadores de bibliografía científica, y uso discrecional de la web en la que los estudiantes podrán encontrar información de utilidad.

Evaluación

Si bien el modo de evaluación de QBS se condice fuertemente con lo planteado en sus objetivos de aprendizaje, la evaluación es netamente sumativa y su única finalidad

certificativa, por lo que se ha buscado reducir el tiempo destinado a la misma. A su vez, esto estaría limitando el fuerte potencial de la evaluación como herramienta formadora (Camilloni, 1998), así como el uso del error como medio para enseñar (Astolfi, 1999). Es en este contexto que nuestra propuesta adquiere mayor sentido dado el potencial que tienen las nuevas tecnologías de trascender el espacio físico y la limitación temporal, permitiendo no sólo una enseñanza más acorde a lo que finalmente se evalúa, sino también que la evaluación sea continua y formativa, guiando al alumno en su proceso de aprendizaje y al docente en su proceso de enseñanza.

A partir de cada instancia de decisión planteada en el Usina los alumnos recuperan un resultado experimental a analizar (gráfico, tabla, observación cualitativa, fotografía, esquema, etc.), que los ayudará en su próxima elección. El ejercicio está diseñado de forma tal que no haya respuestas incorrectas, pero sí parcialmente correctas (de modo que los errores se den por una mala interpretación de la figura, por falta de integración entre varios módulos o por falta de buen criterio a la hora de definir qué experimento realizar en función de lo que se quiere lograr). A partir de esas figuras obtenidas deberán realizar una producción personal en un procesador de texto con:

- Un diseño experimental para obtener alguno de los resultados. No se realiza lo mismo extensivo a todos los pasos ya que se quiere lograr el genuino interés y participación de los estudiantes. Un análisis demasiado trabajoso podría cansarlos, ocasionando la pérdida de validez del instrumento elegido.
- La justificación de la elección de determinada vía (se promoverá la búsqueda de apoyo para este ítem en la web y que compartan el material en el foro colaborativo).
- La descripción y análisis de cada resultado obtenido (el significado).

Entendiendo la evaluación entre pares como una forma específica de aprendizaje

colaborativo (Prins, Sluijsmans, Kirschner y Strijbos, 2005), esa producción será subida a un foro específicamente habilitado para el intercambio entre compañeros, donde deberán evaluar a otro compañero y subir el archivo revisado, usando en la corrección el esquema propuesto en *La escalera de retroalimentación* de Wilson (1999). Para esto se les dará una rúbrica con las consideraciones básicas esperadas (no una respuesta concreta, sino en cuanto a la contemplación de ciertos parámetros como la elaboración, profundidad de análisis, etc.). El docente recuperará ambas producciones antes de dar la clase de resolución de problemas (lo que le permitirá captar los errores de sentido de los estudiantes y adaptar su enseñanza en función del grupo) y los alumnos tendrán a su disposición el foro para intercambiar opiniones libremente durante toda la cursada, favoreciendo así la interacción enriquecedora y la creación de significados comunes (Elwood y Klenowski, 2002). Con nuestra propuesta los estudiantes pondrán en juego cuatro modos de aprendizaje: haciendo (resolviendo el ejercicio de Usina), interactuando (usando el foro entre compañeros), buscando (en la web para sustentar sus razonamientos) y compartiendo (a través de la evaluación entre pares). En palabras de Romani (2007), “aprendizaje 2.0”. Esta instancia evaluativa no influirá directamente en la calificación definitiva, pero los ejercicios -cuya correcta interpretación depende de haber realizado estas simulaciones- sí serán evaluados en prueba escrita regulatoria posterior. Por lo tanto, esta es una instancia de evaluación formativa, que aporta información (a docentes y alumnos) en cuanto al avance y la comprensión de los estudiantes sobre determinados contenidos, y permite un mayor seguimiento por parte del docente.

En cuanto a la evaluación de la propuesta, al finalizar la cursada se implementará una encuesta a los alumnos, donde se recabará información acerca de la utilidad que les suscitó el ejercicio propuesto en cuanto a:

- su desempeño posterior en la evaluación calificativa (esperando haber mejorado la mala relación preexistente entre la forma en que enseñamos y el modo de evaluar),
- la formación de criterio profesional (objetivo central de la materia que no se explicita en el programa de enseñanza, pero que revalidaríamos con nuestra propuesta)
- la percepción del error como algo a partir de lo cual trabajar (esperamos transformar la concepción del error según el modelo transmisivo actual, fuertemente arraigado, a un modelo más constructivista).

Los resultados obtenidos se discutirán entre todos los docentes involucrados en esta propuesta, de forma tal de rever nuestra propia práctica, los problemas de ejecución o resultados indeseables que requieran una modificación en la implementación de la misma, y/o de mantener, mejorar o implementar en otras áreas los resultados positivos.

Implementación

Para poder utilizar MCA como tema transversal, es necesario reordenar el dictado de los módulos de la materia. Dada la dificultad de introducir un cambio de dicha magnitud, proponemos empezar con un ejercicio integrador dentro del módulo de MCA, aplicando una estrategia de innovación desde los bordes. Esto sería de fácil e inmediata implementación ya que no requiere capacitación docente (lo integrarían aquellos docentes que ya enseñan MCA), ni requerimientos tecnológicos que no puedan abordarse desde la cátedra, y cubriría un déficit de ejercitación específica del tema que los estudiantes reclaman todos los años a través de las encuestas.

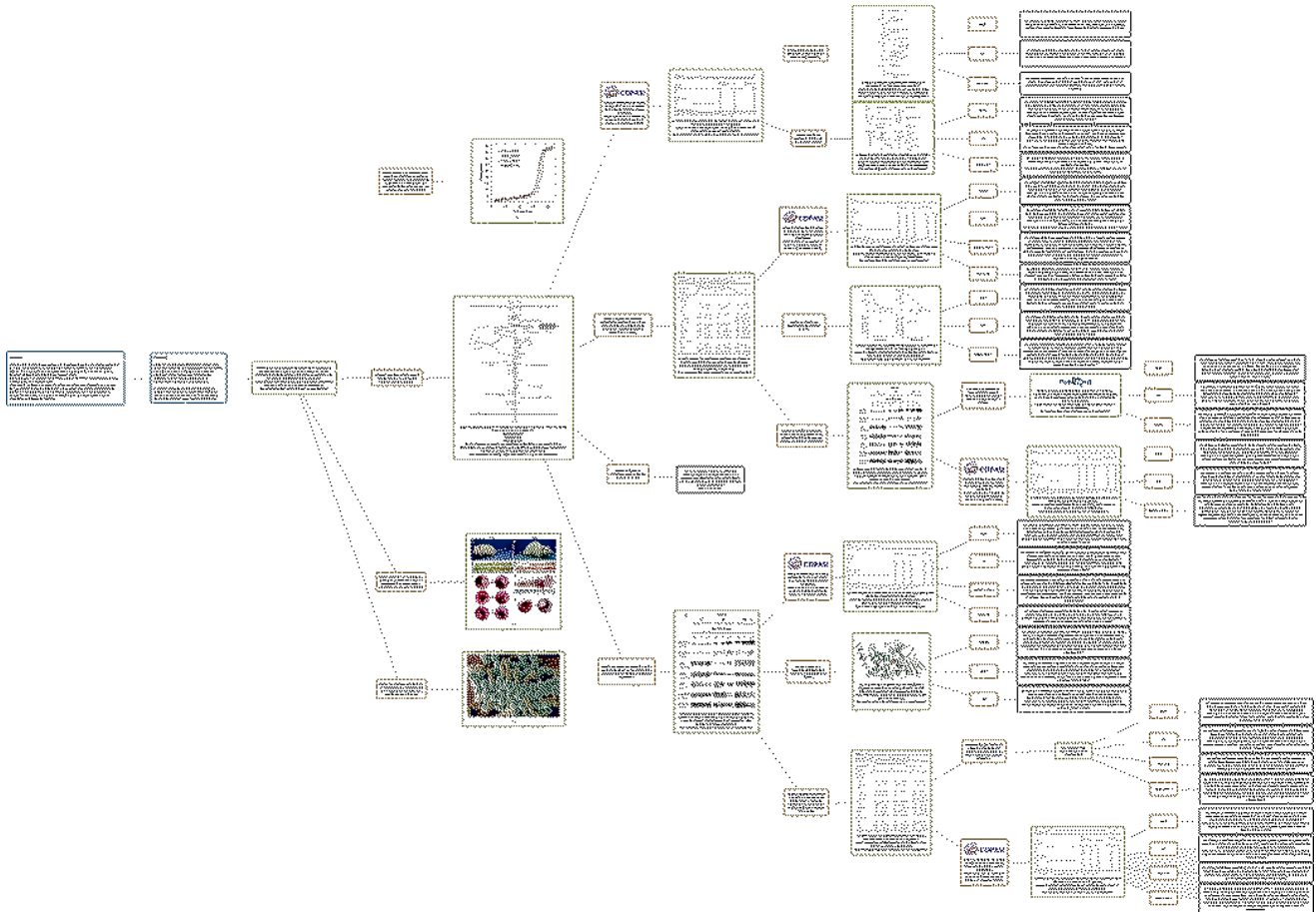
Presentamos a continuación el árbol de decisiones que consideramos para el primer ejercicio con Usina integrando los contenidos de MCA, metabolismo del glucógeno y control metabólico de la glucólisis (**Esquema 1**). La simulación comienza con la

presentación del contexto, que describe el marco en el que se sitúa el problema a resolver, dónde invitamos al usuario a ponerse en el rol de un científico que inicia un nuevo proyecto de investigación. Se indica el financiamiento y el lugar físico de trabajo. Luego se presenta un escenario, que ofrece información acerca del rol que el alumno va a asumir dentro del problema o situación. En este caso, el objetivo del trabajo (el problema, para los alumnos) es comprender por qué las células tumorales humanas en hipoglucemia e hipoxia responden menos a los antitumorales conocidos que en condiciones de normoxia y normoglucemia y, a partir de eso, desarrollar inhibidores efectivos contra enzimas clave de la vía glucolítica, susceptibles de utilizarse como drogas antitumorales. Luego de interpretar la situación, el estudiante se enfrenta a la primera pregunta, que ofrece diversas posibilidades para la resolución del problema. Una vez elegida la opción, se presenta un nuevo escenario que es consecuencia directa de la opción elegida previamente. Asimismo, este nuevo escenario plantea un nuevo problema que representa otro desafío para el alumno y que también posee alternativas de solución. Éstas a su vez derivan en nuevos problemas encadenados con sus respectivas alternativas de solución, repitiéndose sucesivamente hasta que el problema deriva en un resultado, el punto terminal de la rama. Allí se presentan las consecuencias de la última elección tomada por el estudiante y se reconstruye el camino transitado, donde se hace referencia a los aspectos centrales para la resolución del caso y se invita a reflexionar acerca de los aspectos que el estudiante no contempló o malinterpretó al momento de transitar el camino. Las devoluciones estarán basadas en función del criterio de pasos seguidos por el alumno y en forma de interrogante final, todas tendrán algo sobre lo que seguir trabajando.

A lo largo de la simulación, los alumnos utilizan las diversas herramientas que aplica un científico en su investigación. En nuestro caso, podemos destacar el uso de simuladores de reacciones químicas y evaluación de

modelos matemáticos. El uso de programas de visualización molecular para inferir datos estructurales. La realización de búsquedas bibliográficas. Así como también interpretar

esquemas, extraer información presentada en tablas, interpretar gráficos que resumen resultados de experimentos, o analizar figuras.



Esquema 1. La implementación de la simulación dará un valor adicional a nuestra propuesta de enseñanza y les permitirá a los estudiantes desarrollar un verdadero sentido crítico de la investigación. De esta manera quedará de manifiesto cómo los temas abordados a lo largo de la materia (que actualmente se tratan de manera aislada) se relacionan en el entramado de la compleja red de relaciones e interdependencias que ocurren en la célula, y que permiten que el organismo en su conjunto se adapte a las diversas circunstancias a las que lo somete el entorno.

Conclusión

La implementación de nuestra propuesta generará un cambio global a nivel de la comprensión y reflexión de QBS, no sólo para los estudiantes que la transiten, sino también para los docentes, que deberán dominar la disciplina en la etapa preactiva. Finalmente lograremos la integración entre los diferentes

módulos de la materia y avanzaremos en la comprensión adecuada del módulo de MCA. Además, mediante el proceso de implementación planteado, podremos desarrollar un modo de trabajo participativo que resultará en un aprendizaje colaborativo. La evaluación conjunta, entre pares, permitirá desarrollar un aprendizaje activo en donde cada alumno hará uso de sus saberes y tratará de ampliarlos como resultado de cumplir con su tarea. Transitar el o los caminos del árbol

de toma de decisiones, permitirá a los alumnos hacer uso del error como herramienta para aprender interiorizándolos aún más en el trabajo cotidiano de un científico.

Sin perder de vista que los cambios a implementar estarán bajo continua revisión y actualización (debido a su constante evaluación), como resultado general habremos alcanzado dos grandes objetivos de la materia, es decir, que MCA se convierta en el eje central y transversal, y que los alumnos adquieran un criterio científico adecuado.

He aquí nuestro paso irreversible en la búsqueda constante del uso activo del conocimiento. Según la teoría clásica, una vez atravesado este paso de mayor control, ya no podremos volver atrás y la vía debe continuar su curso. Sin embargo, como lo indica MCA, tales pasos no existen, ya que el control se encuentra repartido en todos los componentes de la vía. De allí se desprende directamente que nuestra capacidad de cambio de paradigma (control, para esta teoría) estará gobernada por la voluntad y capacidad de todos los integrantes del plantel docente de la materia. Al igual que los sistemas biológicos, de nuestra capacidad de cambio para adaptarnos a los nuevos tiempos dependerá el éxito de la labor docente.

Referencias

- Astolfi, J.P. (1999). *El "error", un medio para enseñar*. España: Díada.
- Bruner, J. (1988). *Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Barcelona, España: Gedisa.
- Camilloni, A. (1998) *La calidad de los programas de evaluación y de los instrumentos que los componen*. En *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo* (pp 67-92). Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Coll, C., Mauri, T. y Onrubia J. (2008). *Los entornos virtuales de aprendizaje basados en el análisis de casos y la resolución de problemas*. En *Psicología de la educación virtual* (pp. 213-232). Madrid, España: Morata.
- [Elwood, J.](#) y Klenowski, N.V. (2002) [Creating communities of shared practice: the challenges of assessment use in learning and teaching](#). *Assessment in Higher Education*, 27 (3), 243-256n.
- Gvirtz, S. y Palamidessi, M. (1998). *El ABC de la tarea docente: currículum y enseñanza*. Buenos Aires, Argentina: Aique.
- Lion, C., Soletic, Á., Jacobovich, J. y Gladkoff, L. (2011). Las Tecnologías y la Enseñanza en la Educación Superior. El caso de USINA como Herramienta de Autor. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 4(2), 107-117.
- Perkins, D. (1997). *La Escuela Inteligente* Barcelona, España: Gedisa.
- Prins, F., Sluijsmans, D.M.A., Kirschner, P.A. y Strijbos, J.W. (2005). Formative peer assessment in a CSCL environment: A case study. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 30, 417-444.
- Raths, L.E., Wasserman, S., Jonas, A. y Rothstein, A.M. (1986). *Cómo enseñar a pensar: Teoría y aplicación*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Romani, C.C. (2007). *Aprendizaje colaborativo: nuevos modelos para usos educativos*. En Romani C.C. y Kuklinski H.P. *Planeta Web*, 2, 101-116. Barcelona: Universitat de Vic.; México, DF: Flacso.
- Wilson, D.(1999). *Feedback Ladder Protocol*, Harvard Project Zero.