



UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA DEL CHOCÓ
"DIEGO LUIS CÓRDOBA"



InterTech
COOPERACIÓN



REVISTA de la Facultad de Educación

Nº17 **2010**

ISSN 1657-6454

QUIBDÓ- CHOCÓ
COLOMBIA

ARTÍCULOS

- **La investigación como propuesta didáctica reflexiva para la transformación de los procesos enseñanza–aprendizaje. (Página 5)**
A. P. Cuesta Caicedo, C. R. Palacios Mena, C. Y. Salazar Moreno, L. D. Córdoba, M. O. Palacios Rengifo, G. J. Robles Mozo.
- **El aula como escenario a investigar. (Página 10)**
M. Erika Molina, C. Guerrero Córdoba, G. María Baldosea Perea, E. A. Palacios Mosquera.
- **Los profesores en contextos de enseñar - investigar e innovar. (Página 19)**
E. Mosquera Palacios, R. Mena Palacios, L. A. Mosquera Perea, F. I. Córdoba Ortiz.
- **La investigación como esencia del aprendizaje en el aula. (Página 27)**
J. J. Mosquera Córdoba, E. Palacios Palacios, D. S. Valencia López, J. Ferney Rentería, E. Z. Murillo Copete.
- **Metodología general para la evaluación de la calidad de los softwares educativos. (Página 32)**
R. Reyes Chirino, C. Salazar Alea.
- **Reflexiones de PEA en matemáticas básicas instituciones educativas de Quibdo. (Página 44)**
R. Sandoval Espejo, A. Neyla Hinojosa.
- **iGEM: una experiencia educativa única de trabajo en grupos multidisciplinares en el campo de la biología. (Página 57)**
M. Pitarch, A. Montagud, E. Navarro, P. Fernández de Córdoba, JF Urchueguía.
- **La animación lectora en la educación secundaria. (Página 64)**
M. J. Roig, M. Sol Gómez, M. Oviedo.
- **Un análisis de los principios didácticos, desde un enfoque histórico cultural. (Página 67)**
V. E. León Hernández, J. L. Herrera Fuentes.

NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTICULOS (Página 80)

IGEM: UNA EXPERIENCIA EDUCATIVA ÚNICA DE TRABAJO EN GRUPOS MULTIDISCIPLINARES EN EL CAMPO DE LA BIOLOGÍA

M Pitarch², A Montagud², E Navarro¹, P Fernández de Córdoba², JF Urchueguía²

¹Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Campus de Teatinos, Universidad de Málaga, 29071, Málaga (España)

²Instituto de Matemática Pura y Aplicada, Universidad Politécnica de Valencia Camino de Vera 14, 46022, Valencia (España)

Resumen

Conforme la ciencia y la técnica avanzan y crecen en complejidad la idea tradicional de clasificar las áreas de conocimiento impermeables entre ellas está más en desuso y tanto en el mundo empresarial como en el universitario la idea de grupos de trabajo multidisciplinarios en los que los conocimientos se sumen de forma cooperativa se está cobrando una mayor relevancia. Con esta intención presente y teniendo en cuenta que actualmente por un lado la biología está sufriendo una revolución en cuanto a las posibilidades de manipular y entender los sistemas vivos similar a la que vivió la física a principios del siglo XX y que por otro los sistemas biológicos son los más complejos de todos cuanto conocemos, nace la idea de aunar la ingeniería y la biología en un nuevo campo conocido como Biología Sintética. Este nuevo campo de conocimiento trata de integrar las técnicas y conocimientos desarrollados en otras ciencias formales con la gran cantidad de conocimiento científico descriptivo que actualmente se dispone. Para lograr esto de forma eficiente hace falta un esfuerzo formativo adicional, puesto que la biología presenta un lenguaje descriptivo mucho más diferenciado del resto de disciplinas científicas y técnicas. Este artículo pretende mostrar el gran potencial que posee la Biología Sintética gracias al trabajo coordinado de profesionales de diferentes áreas así como la problemática que ello conlleva.

Abstract

As science and technology advance and grow in complexity the traditional idea of classifying impervious areas of knowledge is more obsolete. The idea of multidisciplinary working groups in which knowledge is joined cooperatively is taking higher consideration. With this background, taking into account that biology is undergoing a revolution in terms of the possibilities to manipulate and understand living systems similar to what physics experienced in the early twentieth century and that biological systems are the most complex of all that we know, the idea of combining engineering and biology in a same core of knowledge known as Synthetic Biology was born. This new field integrates the skills and knowledge developed in other formal sciences with the vast amount of scientific knowledge currently available in Biology. In order to make it possible efficiently, it requires additional training effort, since biology has a much more differentiated descriptive language which may have other areas such as electrical engineering, mechanical engineering, physics or mathematics. This article shows the great potential of Synthetic Biology through the cooperative work of professionals from different areas, but without neglecting the problems that it entails.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente los estudios universitarios revelan una formación que tiende a ser bastante específica en un área concreta. Esta metodología puede ser adecuada en determinados contextos pero en general suele conducir a una falta de visión global y en situaciones reales puede llevar a redescubrir conocimientos de sobra conocidos en otras disciplinas. Para evitar este tipo de situaciones actualmente los grupos de trabajo están tendiendo a tener miembros de diferentes campos con la capacidad de aunar sus conocimientos de forma constructiva formando lo que se conoce como un equipo multidisciplinar.

El trabajo en este tipo de grupos requiere cierta práctica y formación, y habitualmente el problema principal para dicho tipo de trabajo cooperativo suele radicar en la comunicación eficiente entre los distintos miembros del equipo. Con este término, lo que se quiere dar a entender no está solo relacionado con el empleo de gran cantidad de términos específicos de cada área, cosa que es más notable en el caso de la relación de la biología con otro tipo de áreas científicas más formales, sino en la propia estructuración de la información y los objetivos que tienen las personas por el hecho de haber sido formado en un campo de trabajo.

Otro aspecto importante a destacar, sería el hecho de que cada uno de los miembros debe ser conocedor de lo que es capaz de aportar al grupo el resto de miembros.

BIOLOGÍA SINTÉTICA

La **Biología Sintética** es nueva área de conocimiento con un enorme potencial, cuya principal idea es el matrimonio entre biología e ingeniería, para introducir nuevos circuitos biológicos (compuestos por proteínas y ácidos nucleicos) en células, usando un proceso de estandarización análogo al utilizado en la electrónica. De este modo, se pueden transformar tales células en pequeños ordenadores biológicos programados para desempeñar tareas predeterminadas, que pueden tener su aplicación en el campo de la medicina, aplicaciones tecnológicas, producción de energía ecológica, etc. Está relacionada con disciplinas ya existentes, tales como la Ingeniería Genética, la Ingeniería Metabólica y la Biología de Sistemas, aunque podemos encontrar grandes diferencias respecto a estas últimas, como:

- La Biología Sintética es de carácter intrínsecamente **multidisciplinar**, necesitando una mayor implicación de científicos pertenecientes a campos distintos de la Biología y cuyas áreas de especialización han permanecido tradicionalmente alejadas de ésta (físicos, matemáticos, ingenieros, etc.).
- La utilización sistemática de métodos y conceptos aplicados normalmente en diferentes áreas de la ingeniería, como la ingeniería electrónica: partes, dispositivos, circuitos y sistemas.
- La sistematización y estandarización de los elementos responsables de las funciones biológicas, lo que permite su utilización para diseñar y crear circuitos genéticos capaces de desarrollar nuevas funciones.
- La utilización de métodos de modelización y simulación como elemento principal del diseño e implementación de nuevas ideas, que permitan la introducción sistemática de la cuantificación y la predicción.

COMPETICIÓN iGEM

Conscientes del desafío que supone la introducción de esta idea revolucionaria, investigadores del prestigioso MIT (Massachusetts Institute of Technology) decidieron crear un concurso anual para estudiantes con una doble intención, por un lado formar a estudiantes dentro de un entorno puramente multidisciplinar en el campo de la biología y por otro de promocionar esta nueva forma de trabajo. Esta iniciativa lleva realizándose desde el año 2004 y recibe el nombre de **iGEM** (International Genetically Engineered Machine competition). Esta competición de carácter internacional, tiene una gran aceptación, llegando a participar más de 110 equipos en la edición del 2009, procedentes de todo el mundo, con la peculiaridad, de que están formados en su gran mayoría por estudiantes. Éstos deben presentar un proyecto sobre **Biología Sintética**, donde cada una de ellos tiene que diseñar un circuito genético con una función interesante, crear un modelo matemático, simular su comportamiento e implementarlo experimentalmente en el laboratorio, para luego desplazarse a Boston y defenderlo durante 3 días. Para ello cada equipo dispone de unos 6 meses, centrando su trabajo sobre todo en los meses de julio, agosto y septiembre, ya que es cuando los alumnos disponen de más tiempo.

La Universitat Politècnica de València y la Universitat de València vieron en este concurso una gran oportunidad para introducirse en este emergente y prospero campo, formando a los futuros investigadores en una experiencia pionera a nivel nacional. Por eso no dudaron en unir sus fuerzas y crear un equipo multidisciplinar, para poder participar en el iGEM y así lo llevan haciendo desde el año 2006. Desde el punto de vista del alumno, esta competición ofrece la posibilidad de participar en un proyecto científico de principio a fin, sin ser un mero observador. Así, éste participa de forma activa desde la fase inicial en la que se decide el proyecto y se toman decisiones importantes que harán que el proyecto triunfe o fracase, hasta la defensa del mismo en Boston.

Aunque al equipo Valenciano siempre se le ha reconocido en el concurso un enorme potencial, su mayor éxito lo obtuvo en la pasada edición del 2009, consiguiendo el primer premio en la categoría "Nuevas Aplicaciones", el tercer premio en la clasificación general y el premio a "La mejor medida experimental", quedando por delante de universidades como Harvard, Imperial College o el propio MIT.

EJEMPLO PRÁCTICO

Proyecto Valencia-iGEM 2006:

Este proyecto es un claro ejemplo de la aplicación de conocimientos de otros campos, como es la electrónica digital, en la biología.

El equipo se inspiró en el trabajo del profesor Hellinga, que describía un biosensor capaz de detectar TNT. En el caso del equipo valenciano, su objetivo era realizar un biosensor, que detectara el nivel de vainilla que tiene una sustancia. Para ello se parte de una célula básica, y al igual que en un circuito electrónico vamos conectándole componentes, a la célula le introducimos secuencias genéticas (partes) que tienen funciones predeterminadas y en su conjunto realizarán la función que nosotros queremos. El dispositivo celular puede dividirse en un sensor y un actuador. El primero se encuentra en la zona peri plasmática de la célula y está formado por las partes Trg-EnvZ y PSP (tal y como pueden verse en la figura 1), éstas son capaces de captar la vainilla y comunicárselo al actuador.

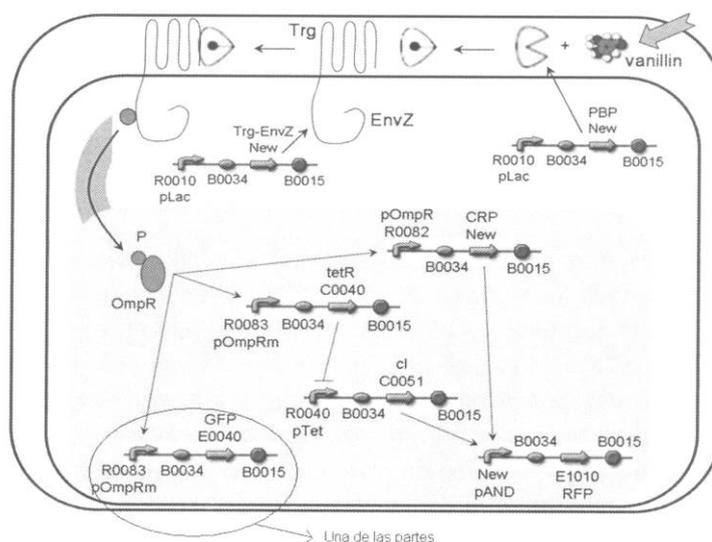


Fig. 1: Esquema biológico del sistema diseñado con partes, el conjunto amarillo muestra el sensor y el verde el actuador.

El actuador se encarga de emitir un tono diferente de luz, dependiendo de la concentración de vainilla que tengamos. En la figura 2 puede verse el funcionamiento del circuito lógico montado con diferentes partes. Éste es alimentado por la señal OmpR, procedente del sensor, a continuación tenemos tres IF en paralelo, el GFP (encargado de producir luz verde) y el tetR que se conectarán con niveles altos de vainilla, y el CRP que es más sensible y se conecta a niveles más bajos. El encargado de producir la luz roja es la parte RFP, que actúa como una puerta AND, ya que necesita la señal del CRP y el no funcionamiento del tetR, por estar conectada una puerta NOT (la cl) a continuación de éste.

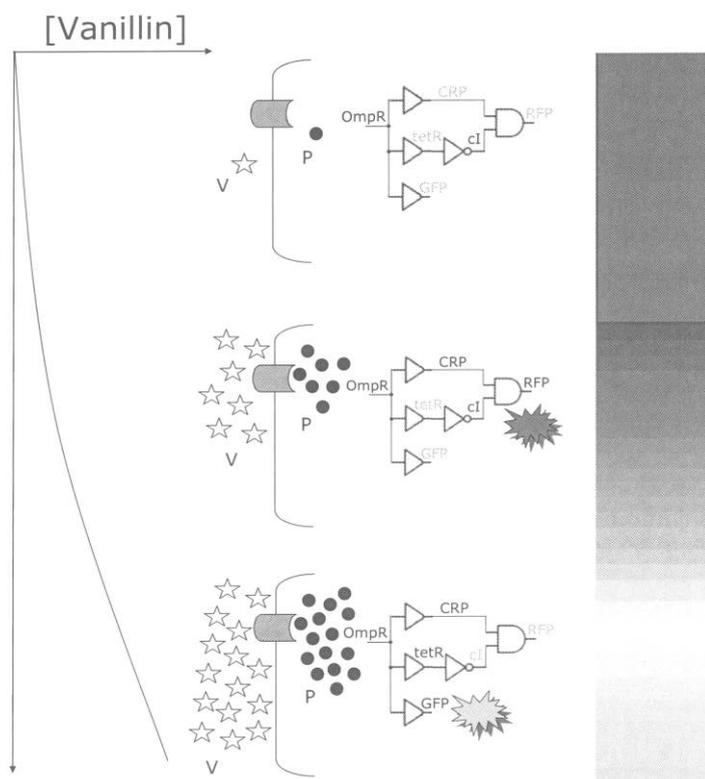


Figura 2: Mecanismo del sistema

En electrónica este tipo de circuitos son muy utilizados, ya que son de fácil implementación mediante componentes muy comunes, por ejemplo las puertas IF y la NOT serían transistores que dejarían pasar la corriente de colector a emisor (la señal producida por las partes) dependiendo de su corriente en la base (la señal relacionada con el nivel de vainilla) y la puerta AND podría construirse con dos transistores en serie, necesitando alimentar a ambos a la vez por la base para que pasara la corriente del colector de uno al emisor del otro. Este circuito puede verse como un paradigma de la potencialidad de un trabajo multidisciplinar, ya que la lógica de la implementación de un sensor con una respuesta gradual correspondió a la parte más formal del equipo mientras que su implementación en vivo fue posible gracias a la complementariedad de conocimientos proporcionada por la parte del equipo formada por gente de ciencias de la vida.

Una de las ventajas que presenta la Biología Sintética en su paradigma consiste en la aplicación del paradigma ingenieril a este campo. Por tanto antes de proceder a implementar un circuito genético en el laboratorio "in vivo", se procede a realizar un análisis del mismo "in silico" que dé información del

funcionamiento de éste y así poder estimar lo factible que resultaría su implementación. Este procedimiento, más que una descripción exacta del comportamiento del sistema como ocurriría en otras ciencias fundamentales como la Física o la Química, lo que pretende es reducir el número de ensayos, lo que implica tiempo y dinero, a realizar y saber hasta qué punto es factible la implementación de un determinado circuito. Por ello el equipo valenciano desarrollo un modelo matemático que trata de reproducir el comportamiento ideal del biosensor, dependiendo de las diferentes concentraciones de vainilla. El funcionamiento de cada componente del circuito biológico, puede ser descrito mediante una ecuación diferencial, donde α , K , γ , β , U y n son parámetros y funciones que dependen del componente que estemos estudiando, en esta ecuación viene representado por la letra Y .

$$\frac{d}{dt}[Y] = \alpha \frac{1}{1 + ([U]/K)^n} - \beta[Y] + \gamma$$

Los resultados de esta simulación pueden verse en la figura 3, que representa la respuesta del RFP y GFP (encargados de producir el color rojo y verde respectivamente) frente al nivel de señal del OmpR, que como sabemos es directamente proporcional al nivel de vainilla. Como podemos observar las respuestas no son discontinuas, a niveles bajos de OmpR-P el color predominante es el rojo, mientras que para niveles altos es el verde, siendo para niveles intermedios una mezcla de ambos, pudiendo observar un color amarillento. Puesto que este resultado es el que queríamos, gracias a esta primera aproximación sabemos que el circuito genético presenta el comportamiento esperado y que en principio si no hay efectos colaterales no considerados inicialmente sería factible su implementación.

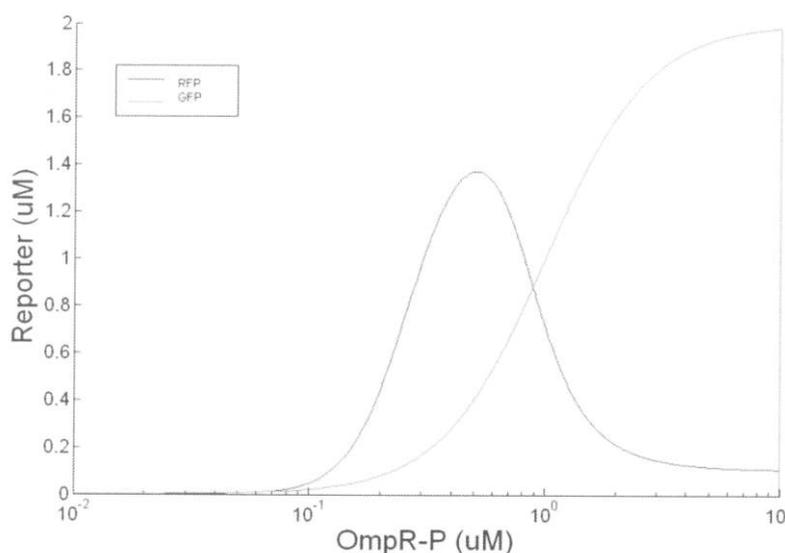


Figura 3: Simulación dinámica de RFP y GFP frente a la concentración de OmpR-P.

En sistemas mecánicos y eléctricos de comunicaciones, pese a haber realizado de forma adecuada el diseño del sistema, la respuesta final de éste no es la deseada como consecuencia de algunos factores que podrían ser predichos en primera instancia, entre estos factores hay algunos que pueden ser evitados o al menos tenidos en cuenta como la sensibilidad a las perturbaciones externas (ruido) o la sensibilidad de los

parámetros. Por tanto adicionalmente se procedió a realizar un estudio perturbativo del sistema y analizar sus posibles efectos con el fin de comprobar si era robusto o no.

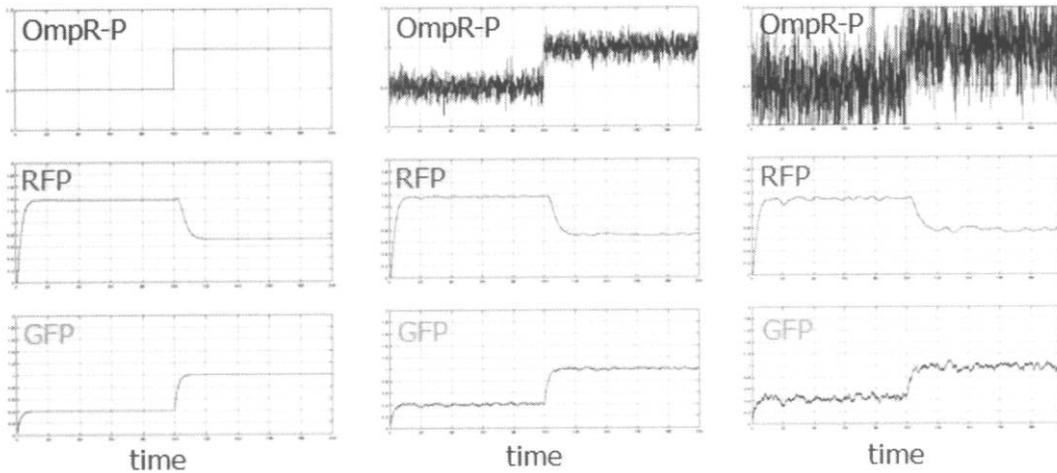


Figura 4: Respuesta del RFP y GFP para diferentes perturbaciones del OmpR-P

En la figura 4 se presentan tres columnas de gráficos, donde cada una corresponde a un caso de ruido diferente. En primer lugar introducimos en el sistema una señal escalón totalmente limpia (OmpR-P) y obtenemos una respuesta (RFP y GFP) estable. En segundo lugar la señal escalón introducida va acompañada de perturbaciones de alta frecuencia (ruido) con una amplitud de tres cuartas partes el propio escalón, pero las respuestas siguen siendo estables. Por último pueden verse perturbaciones de gran amplitud en la entrada, mientras que la respuesta tiene pequeñas variaciones respecto su nivel medio. Por ello podemos concluir que el sistema biológico tiene una elevada robustez frente a oscilaciones indeseadas.

Este tipo de estudio constituyo un claro ejemplo de lo que se comento inicialmente como uno de los problemas del trabajo multidisciplinar, aparte de ser capaces de comunicarse, cada uno de los miembros del equipo debe ser conocedor de lo que los otros miembros son capaces de realizar porque de otro modo la cooperación no resulta tan efectiva.

CONCLUSIONES

En este trabajo reflejamos la experiencia que hemos adquirido durante cuatro años en la formación de estudiantes dentro de un entorno multidisciplinar así como algunos de los problemas que se plantean a la hora de conformar tales actividades. Hemos hablado de la comunicación, de la necesidad de intercambiar conocimientos entre distintos profesionales y de la dificultad intrínseca que esto conlleva. En un equipo iGEM se dan todos los casos anteriores con un factor aumentativo, los integrantes son estudiantes inexpertos, seguramente sea su primera vez en un grupo de trabajo como éste. La Biología Sintética es multidisciplinar por definición abarcando campos totalmente diferentes como puede ser ingeniería y biología haciendo muy difícil el buen entendimiento entre ellos. Además podría ocurrir algo totalmente indeseable en cualquier equipo y que muchas veces hace que fracase, que uno piense que su trabajo sólo lo puede supervisar él mismo y no acepte correcciones o sugerencias de los demás.

De toda esta experiencia se ha llegado a la conclusión de que este tipo de grupos requieren un curso formativo inicial, donde acude tanto la parte de biología como la más técnica y se repasan conceptos básicos de todas las partes. El objetivo de dicho curso, más que formativo es metodológico ya que lo que pretende es que los miembros adquieran la formación suficiente para que puedan comunicarse e integrarse eficientemente entre sí de forma constructiva en los próximos meses.

BIBLIOGRAFÍA

- http://www.igem.upv.es/igem06/index.php?title=Main_Page.
- F.H. Johnson, O. Shimomura and Y. Saiga: Luminescence Potency of the Cypridina System. *Science* 134 (1961), 1755-1756.
- H. Morise, O. Shimomura, F.H. Johnson and J. Winant: Intermolecular energy transfer in the bioluminescent system of *Aequorea*. *Biochemistry* 13 (1974), 2656-2662.
- Looger, L.L., Dwyer, M.A., Smith, J., and Hellinga, H.W.: 'Computational design of receptor and sensor proteins with novel functions', *Nature*, 2003, 423, pp. 185–190.
- G. Rodrigo, A. Montagud, A. Aparici, M.C. Aroca, M. Baguena, J. Carrera, C. Edo, P. Fernandez-de-Cordoba, A. Ferrando, G. Fuertes, D. Gimenez, C.Mata, J.V.Medrano, C. Navarrete, E. Navarro, J. Salgado, P. Tortosa, J.Urchueguia and A. Jaramillo: 'Vanillin cell sensor', *IET Synth. Biol.*, 2007, 1, (1–2), pp. 74–78.