

DOS EXPERIENCIAS DE FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA: UN CURSO UNIVERSITARIO Y UN MÓDULO DE ENSEÑANZA PARA PROFESORES

Ángela Camacho

Dos experiencias de formación en Nanotecnología: un curso universitario y un módulo de enseñanza para profesores

Resumen

Se comparan dos experiencias en cursos de formación en Nanotecnología, haciendo énfasis en las características de los alumnos en un curso básico universitario y un curso de metodología de la investigación para profesores de secundaria. El primero es un curso de nivel básico que tiene como objetivo comprender los conceptos de la Nanociencia, indagar sobre sus aplicaciones en esta nueva tecnología y revisar el desarrollo de la electrónica hasta la escala nano. El segundo pretende ubicar la Nanotecnología dentro de las definiciones de Ciencia Básica, Ciencia Natural y Ciencia Aplicada como una Ciencia Cruzada para motivar la introducción de estos temas en las diferentes asignaturas de secundaria.

Palabras clave: Nanociencia; Nanotecnología; Enseñanza.

Two experiences in Nanotechnology Education: a university course and a module for teachers

Abstract

We compare two experiences in training courses in Nanotechnology focusing on the characteristics of students in a university fundamental course and in a course in research methodology for secondary teachers. The first one is a basic level and aims to understand the concepts of Nanoscience, inquire about their applications in Nanotechnology and review the development of Microelectronics up to nanoscale. The second one lies on locating Nanotechnology within the definitions of Basic Science, Natural Science and Applied Science as a cross science to motive the introduction of these items in the science courses of secondary school.

Keywords: Nanoscience; Nanotechnology; Teaching.

Introducción

Las dos experiencias muestran, desde diferentes ángulos, cómo se intuyen los conceptos del mundo nano en personas de dos rangos de edades diferentes: adolescentes y adultos menores de 45 años.

El curso básico universitario tiene como objetivos: distinguir la Nanociencia de la Nanotecnología, y ésta última de otras áreas; relacionar la Nanotecnología con las ciencias y la sociedad mediante las presentaciones en las clases; la posterior discusión, complementada con las lecturas recomendadas y los trabajos escritos; y desarrollar un concepto claro sobre la Nanotecnología y sus consecuencias en la sociedad actual. Se espera que el estudiante aprecie la interdisciplinariedad mediante la descripción de las herramientas tomadas de las distintas áreas, así como las aplicaciones en Medicina, Biología y nuevos materiales.

El curso de métodos de investigación para profesores de secundaria pretende que los profesores ubiquen, desde su experiencia diaria en las diferentes disciplinas, los temas de Nanotecnología en sus programas. Para lograr este objetivo se muestra, primero, cómo ha evolucionado el concepto de ciencia pura históricamente, y en particular, el caso de la Biofísica —que se toma como ejemplo de Nanociencia, por su alto impacto tecnológico y social derivado de su carácter interdisciplinario y sus numerosas aplicaciones—. Se observa, tanto en los estudiantes universitarios como en los profesores de secundaria, un interés muy especial en los primeros; como posibilidades de hacer carrera en estos temas, y en los segundos; como vivencia de estos desarrollos y perspectivas de progresos futuros.



Universidad de los Andes - Colombia

Curso Básico Universitario

Este curso se desarrolla en la Universidad de los Andes, en Bogotá, Colombia, y se ofrece a los estudiantes de todas las disciplinas con la siguiente metodología: 3 horas de cátedra por semana, 2 de las cuales se dedican a clase magistral apoyada en materiales audiovisuales; y la hora restante a la discusión de lecturas complementarias (algunas en Inglés) y otras lecturas seleccionadas. El curso tiene un componente muy importante de escritura, y por esa razón se le clasifica como tipo E. El objetivo general de los cursos tipo E es desarrollar en los estudiantes de pregrado competencias de pensamiento crítico y analítico, junto con las habilidades de argumentación y reflexión relacionadas con las metas de aprendizaje propias de cada disciplina, mediante el perfeccionamiento de la escritura y el uso del español. Se cuenta con un asistente graduado en docencia que acompaña a los estudiantes en su proceso de escritura. Y en este acompañamiento, se presta especial atención a la “trayectoria” de la escritura de los estudiantes.

Los cursos con componente de escritura académica (cursos E) incorporan la producción de textos en los objetivos pedagógicos del curso, que entran en el proceso de evaluación, para que los estudiantes mejoren sus competencias comunicativas y amplíen y profundicen sus conocimientos disciplinares. Un porcentaje importante (40%) de la nota final de estos cursos se determina por el desarrollo de las habilidades de argumentación, reflexión y pensamiento crítico, así como por el conocimiento de los temas expresados por medio de una buena escritura.

Además, por su naturaleza científica, se contempla la realización de una práctica experimental en el microscopio de fuerza atómica, el cual despierta mucho entusiasmo por parte de los estudiantes.

Desarrollo del componente de escritura

Las actividades de escritura son varias; empezando con un corto resumen de hasta una cuartilla, que es corregido varias veces hasta que se entienda el objetivo y las partes indispensables de un resumen; luego, se pasa a la elaboración de una reseña.

En seguida, explicaremos más detalladamente en qué consiste la reseña y la importancia de su implementación en el curso, a través de un ejemplo, un texto básico, tanto desde el punto de vista histórico como conceptual: el artículo de Feynman, *There is plenty of room at the bottom* [1].

La reseña es un escrito informativo breve, para identificar, resumir y extraer una idea innovadora, relevante e importante. Sus objetivos se resumen a continuación:

- Desarrollar habilidades de lectura, escritura y pensamiento crítico.
- Identificar la hipótesis principal.

- Identificar la hipótesis sustentada.
- Hacer una lista de palabras clave.
- Resumir enunciados importantes y párrafos centrales.
- Identificar qué sabe ahora, después de leer el texto, que antes no sabía.

La estructura de una reseña comprende una descripción general, el desarrollo de las ideas principales, una crítica, una comparación con otras obras, y el cierre.

La descripción general debe contener el tema e introducir el propósito del autor, abordando la hipótesis, o tesis general, y terminar con una valoración general. Las ideas principales son los argumentos más importantes del artículo, los que soportan la tesis. La tesis principal es, generalmente, una afirmación, y contesta preguntas como ¿qué se va a demostrar, confirmar o desmentir?, o ¿de qué quiere convencer el autor al lector?

La crítica comprende la valoración de los argumentos, enfatizando los aportes novedosos o interesantes y exaltando las virtudes del artículo. Asimismo, es conveniente realizar una comparación con otras obras de su categoría y tema. Y finalmente, el cierre de la reseña debe mostrar la importancia del texto, dar algunos argumentos por los cuales se debe leer.

Es importante identificar los hechos o resultados más importantes que muestran los artículos para lograr soportar la tesis, convencer al lector y tratar de explicar por qué los resultados soportan la tesis.

Habiendo explicado ya en qué consiste una reseña, proseguiremos a ejemplificar con el artículo *There is plenty of room at the bottom* [1]: El tema del texto explica el problema de manipular cosas a pequeña escala, y el propósito es mostrar todo lo que sería posible hacer. Feynman muestra en su artículo cómo este tema tendría un número enorme de aplicaciones técnicas, y nos permite conocer los fenómenos extraños que ocurren en situaciones complejas. La valoración, en este caso, sería “el texto de Feynman es una invitación a explorar nuevas corrientes”.

Se dan argumentos por los cuales se debe leer el artículo cuando se quiera entender el origen de la Nanotecnología (esto a nivel personal). Y como es conveniente realizar una comparación con otras obras de su categoría y tema, en este caso sería adecuado aportar algunas ideas de un artículo de Drexler [2]. Finalmente, y para concluir, retoma las ideas más importantes y las sintetiza de acuerdo con la tesis o los objetivos del escrito.

Así, tenemos que la lectura es la base, pero debe ir acoplada a la escritura, que a su vez va cimentando una posición frente a los argumentos que se leen y se reproducen en la reseña, tratando de resaltar la tesis y fijar el mensaje que pretende enviar el autor. De esta manera se consigue que, una vez entendidos los argumentos, se pueda hacer una valoración personal de la hipótesis, para finalmente asumir una postura personal frente al texto leído.

La experiencia en el curso fue interesante porque se pudo observar que los estudiantes tenían grandes dificultades para hacer, en primer lugar, un resumen que comprendiera una cuartilla

(debieron acudir a sesiones especiales en el Centro de Español). Pero afortunadamente se percibieron grandes avances después de reescribir el resumen e intentar hacer la versión inicial de una reseña. Con la segunda versión se pudo notar que el 70% de los estudiantes lograron cumplir el objetivo de la reseña. El avance de los estudiantes, en el aspecto de escribir en español un texto de divulgación, fue muy motivador al final del curso.

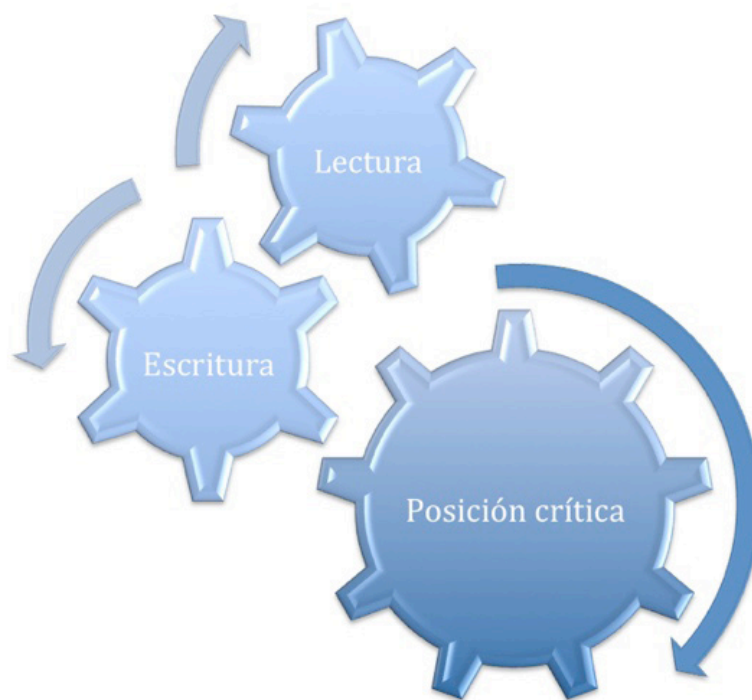


Diagrama que ilustra, por medio de un engranaje mecánico, cómo se complementan la lectura y la escritura para lograr una posición crítica.

El núcleo del curso

El programa detallado del curso es el siguiente. Cada ítem se desarrolla en una semana, o en dos sesiones de 50 minutos:

1. Introducción: ¿Qué es la nanotecnología? ¿Qué es la nanociencia?
2. La escala nano y sus implicaciones.
3. Feynman y la nanotecnología.
4. La luz y su interacción con la materia.
5. Nanociencia.
6. Física Cuántica.
7. De arriba para abajo y viceversa.
8. Nanomateriales.

9. Nanoestructuras de carbono.
10. Nano-biotecnología.
11. Nanomateriales bioinspirados.
12. Nanomateriales y Química.
13. Nanotecnología y Medicina.
14. Nanotecnología y Medio ambiente.
15. Peligros y oportunidades de la Nanotecnología.
16. Nanotecnología y sociedad: Economía y Derecho.

Otro aspecto del curso que merece ser reportado, es la práctica con el microscopio de fuerza atómica, la cual no es obligatoria ya que se realiza en un horario diferente al de clase y se deben disponer de dos horas extra para realizar la práctica. Sin embargo, todos los estudiantes participaron voluntariamente en esta actividad y sus comentarios fueron muy positivos.

El objetivo de esta práctica es familiarizar al estudiante con el Microscopio de fuerza atómica (AFM); sus partes, su funcionamiento, la interpretación de datos obtenidos y el tratamiento posterior de los datos.

La metodología propuesta es la siguiente:

- Descripción de las partes del Microscopio de fuerza atómica (AFM).
- Descripción, montaje y calibración de la punta.
- Ajustes de los parámetros de control previos al escaneo.
- Escaneo de muestra de calibración.
- Tratamiento posterior de las imágenes, que comprende:
 - Nivelación de la imagen.
 - Reducción de ruido.
 - Eliminación de cicatrices.
- Análisis de imágenes:
 - Reconstrucción 3D de la muestra
 - Medición sobre la muestra
 - Obtención de perfiles

Finalmente, se debe contestar un cuestionario que permite evaluar si se cumplieron los objetivos de la práctica:

- ¿Cómo detecta el AFM cambios en el perfil de una muestra?

- ¿Qué ventaja tiene una punta más fina en un AFM?
- ¿Qué elemento mueve la punta sobre la muestra en este AFM?
- ¿Qué rangos de altura máxima puede tener una muestra que se quiera escanear en el AFM de la práctica?
- ¿Qué permite mover la punta del AFM a diferentes puntos sobre la muestra?

Y se entrega una imagen, no muy nítida, para que los estudiantes practiquen con el tratamiento de imágenes.

A continuación se describe de manera resumida uno de los temas más relevantes del curso en el módulo de materiales.

En este módulo se describen los más importantes materiales en Nanotecnología, comenzando con el Carbono como base del diamante, el grafeno y los nanotubos; los virus como materia biológica, y se hace un taller para que los estudiantes elaboren maquetas del *bucky ball* y de algunos virus. Seguidamente, se abordan temas de Biología y el origen de la vida; ADN, genes y células, para pasar a describir las supramoléculas y los motores moleculares.

El siguiente módulo tiene como objetivo introducir, a partir del concepto del Movimiento Browniano y matracas cuánticas, el significado del demonio de Maxwell, para finalmente usarlo como base de los modelos de nanomotores. Debido a la comprobada dificultad de entender estos conceptos, se muestran varios ejemplos con talleres y lecturas que los aclaran [3]. Con el objeto de complementar el curso, en las aplicaciones recientes y en desarrollo de investigación, se hacen presentaciones, videos y talleres sobre Microelectrónica, Nanoelectrónica, Plasmónica, Computación Cuántica y Spintrónica.

Un último módulo está dedicado a despertar la responsabilidad social de los estudiantes, que seguramente se verán enfrentados muy pronto a estos desarrollos, y para ello se discuten temas de Nano, Eco y Bio, Toxicología, códigos de conducta y leyes, basados en lecturas especializadas.

Para cerrar el curso, los estudiantes deben escribir un artículo de divulgación sobre algún tema de Nanociencia o Nanotecnología.

Módulo del diplomado *Metodología de la Investigación*

Proyectos en Ciencias Básicas

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia ofrece un diplomado en Metodología de la Investigación a profesores de secundaria, el cual contiene un módulo titulado “Proyectos de investigación en Ciencias Básicas”, con una duración de 4 horas.

Este módulo se basa en un resumen histórico del desarrollo de las Ciencias Naturales,

ubicando los conceptos y definiciones de Ciencias Básicas, Ciencias Duras, Ciencias Blandas y Ciencias Formales; posteriormente, se pasa a una descripción de las ciencias naturales: Astronomía, Física, Química, Biología y Geología. Se introduce la evolución de estas ciencias y discute la aparición de Ciencias Cruzadas. Las diferencias entre las disciplinas de las Ciencias Naturales no siempre son marcadas, y estas “Ciencias Cruzadas” comparten un gran número de campos. La Física juega un papel significativo en las otras ciencias naturales, dando origen, por ejemplo, a la Astrofísica, la Geofísica, la Química Física y la Biofísica. De igual manera, la Química está representada por varios campos, como la Bioquímica, la Geoquímica y la Astroquímica.

Asimismo, se presenta un grupo de campos con disciplinas cruzadas en los que, por la naturaleza de los problemas que abarcan, hay fuertes corrientes contrarias a la especialización. Por otro lado, en algunos campos de aplicaciones integrales, los especialistas, en más de uno de los campos, juegan un papel clave en el diálogo entre ellos. Un ejemplo particular de disciplina científica que abarca múltiples ciencias naturales es la Ciencia del Medio Ambiente. Esta materia estudia las interacciones de los componentes físicos, químicos y biológicos del medio, con particular atención a los efectos de la actividad humana y su impacto sobre la biodiversidad y la sostenibilidad. Una disciplina comparable a la anterior, es la Oceanografía, que se relaciona con una amplia gama de disciplinas científicas. La Oceanografía se subdivide, a su vez, en otras disciplinas cruzadas, como la Biología Marina. El ecosistema marino es muy grande y diverso, por eso la Biología Marina también se bifurca en muchas subdivisiones, incluyendo especializaciones particulares. Tales campos integrales, por ejemplo, pueden incluir la Nanociencia, la Astrobiología y complejos sistemas informáticos.



La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia tiene una amplia oferta durante todo el año.

Una vez fijados los conceptos y definiciones de las diferentes disciplinas científicas, y cómo éstas se han ido cruzando para dar paso a nuevas áreas de desarrollo, se enfoca el tema hacia un ejemplo que lleva a la Nanociencia y sus aplicaciones: las *supramoléculas naturales*, en Química, que sirven como introducción al tema de motores biológicos. En particular, se presentan los ribosomas y los éteres de corona; los primeros son agregados moleculares formados por más de 50 biomoléculas responsables de traducir la información genética a las proteínas; los éteres de corona presentan una cavidad en su centro, sus dimensiones varían en función del tamaño del anillo, y son capaces de reconocer a los cationes alcalinos de la dimensión adecuada.

Los motores biomoleculares son proteínas que transforman la energía química en fuerza física. Son los motores de nuestro organismo, gracias a ellos late nuestro corazón, se reproducen las células, oímos, vemos, nos movemos... Dentro de una parte de estos motores biomoleculares se producen proteínas, proteínas que deben de ser transportadas a otra parte de la célula. Así aparecen los barcos de carga, unas proteínas que recorren largas distancias transportando todo tipo de sustancias. Un ejemplo muy interesante es la *quinesina*, una proteína capaz de “andar” dando pequeños pasos a través de un filamento, gracias a que posee dos estructuras a modo de pies. Cada paso que da consume una molécula de ATP, avanzando aproximadamente 10 nm.

Se presentan simulaciones de este proceso que realmente impactan al público. Y dan una perspectiva de las posibilidades de tomar estos sistemas como modelos para desarrollar motores artificiales de dimensiones nanométricas aplicables en Medicina; cuyas partes podrían ser un núcleo magnético en una nanopartícula, con un corazón de hierro o de hierro-cobalto —y en el cual se pudiera encapsular un medicamento—, capaz de controlarse o dirigirse a voluntad desde el exterior usando un campo magnético y un recubrimiento con moléculas biológicas que permita evitar el posible rechazo del organismo.

Una vez descrito el ejemplo de una nano-máquina, se pasa a motivar la realización de un proyecto de investigación, enfatizando el diseño y la conducción de un proyecto propio, como la oportunidad de llevar un aprendizaje a un nivel más alto y desarrollar habilidades propias de un trabajo científico.

Conclusión

En este reporte comparamos dos experiencias de eventos de formación en Nanotecnología dirigidas a públicos diferentes. Uno, un curso universitario básico, ofrecido a estudiantes de todas las áreas y especialidades, en el que se presentan los temas frontera de la Nanociencia y la Nanotecnología después de introducir unos fundamentos teóricos abstractos, pero tratados dentro de una metodología de divulgación con ayudas audiovisuales, talleres y lecturas escogidas. El éxito se mide con la producción de un artículo de divulgación en español sobre algún tema del curso. Se enfatiza la

importancia de escribir correctamente acerca de ciencia y tecnología, con ejemplos de los temas de investigación del siglo XXI.

El segundo, un grupo de profesores de secundaria que encuentra en este módulo una excelente preparación para motivar a aquellos que quieran destinar sus vidas al estudio de las Ciencias Básicas, o a aquellos que simplemente buscan fascinarse con el mundo que los rodea. En cualquier caso, es de vital importancia incentivar a las nuevas generaciones a entender y estudiar estas disciplinas que, sin duda, son el corazón de la ciencia del siglo XXI.

Comparando las respuestas de los dos grupos sobre estos temas, se puede decir que los estudiantes perciben más directamente el impacto de las nuevas tecnologías; se apropian de sus desarrollos y se involucran en las perspectivas proponiendo nuevas ideas. Mientras que los profesores lo asimilan en menor medida; de manera directa y personal lo ven como algo interesante, pero que no les afecta directamente, aunque hayan vivido más de cerca su evolución: desde la Revolución Industrial hasta la Microelectrónica.

Referencias

- [1] FEYNMAN, R. *There is plenty of room at the bottom*. Conferencia dada en la American Physical Society. 1959.
- [2] DREXLER, K. E. *Nanotechnology: From Feynman to Funding*. Bulletin Science, technology and Society, 4, No.1, 21-27. 2004.
- [3] RATNER, Mark y Ratner, Daniel. *Nanotechnology: A gentle introduction to the next big idea*. Prentice Hall. 2003.
- [4] WILLIAMS, Linda y Adams, Wade. *Nanotechnology DeMYSTiFieD*. Mc Graw Hill. 2007.
- [5] TAKEUCHI, Naboru. *Nanociencia y Nanotecnología, la construcción de un mundo mejor átomo por átomo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 2009.
- [6] MALLOUK, Thomas E. y Sen Ayusman. *Powering nanorobots*. Sci.Am. Mayo de 2009. 72 p.