



Diagnóstico exploratorio para la Enseñanza de las Nanociencias y Nanotecnología en el Bachillerato

Fernando Flores Camacho ¹
fernando.flores@icat.unam.mx,

Jesús Manuel Cruz Cisneros ²,
jmcruz@unam.mx,

Leticia Gallegos Cázares ¹,
leticia.gallegos@icat.unam.mx,

Eduardo José Vega Murguía ¹
eduardo.vega@icat.unam.mx
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología,
UNAM¹

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y
Humanidades, UNAM²

Área temática: Evaluación del aprendizaje y del
desempeño escolar

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de un estudio exploratorio para analizar la comprensión de los estudiantes del bachillerato sobre los objetos y procesos que ocurren a escala nanométrica y las leyes que las explican así como las percepciones de los alumnos sobre las relaciones e implicaciones de las nanociencias y las nanotecnologías con diversas áreas disciplinarias científicas o tecnológicas y su interés para incorporadas en sus actividades escolares. Se aplicó un cuestionario de opción múltiple y preguntas abiertas a 35 estudiantes de bachillerato que cursaban el sexto semestre. Los resultados muestran que los alumnos La tienen dificultades para asociar los modelos a la escala en que son más adecuados, y también evidencian un desconocimiento sobre las áreas de vinculación de estas áreas de trabajo.



Palabras clave: Nanociencias y Nanotecnologías, enseñanza de las ciencias, comprensión de estudiantes de la ciencia, bachillerato,

Introducción

Las nanociencias pretenden describir fenómenos que ocurren a escala muy pequeña, entre una milmillonésima y una millonésima de metro (10^{-9} y 10^{-6} m) determinada principalmente por las estructuras moleculares y sus interacciones, además las nanotecnologías han desarrollado nuevas estructuras en dichos ordenes de magnitud produciendo nuevos materiales, recursos de investigación y procesos de intervención. En las últimas décadas, las nanociencias y las nanotecnologías (NCyNT) han tenido un notable crecimiento, sus avances tienen implicaciones relevantes en diversas áreas como la medicina, el medio ambiente, el desarrollo de nuevos materiales, las tecnologías digitales entre algunas que afectan directa o indirectamente a la comunidad como a los individuos. En México el impacto es creciente, integrada por una amplia comunidad científica que se dedica a la investigación y aplicación en la NCyNT y la formación de profesionistas en estas áreas es necesaria, así como la divulgación de sus conocimientos para el público en general. Esto ha motivado en diversos países la elaboración de programas formación de profesores y de propuestas incorporadas a los planes de estudio de dichos temas, (Greenberg, 2009; Jackman et al, 2016; Lan, 2012; Sgorous y Stavrou, 2019) en Europa destaca a nivel internacional el proyecto IRRESISTIBLE (<http://www.irresistible-project.eu>), y en América Latina el proyecto de Rodríguez y Ávila (2011) en Colombia. En México las propuestas son escasas e individuales como la estrategia propuesta por Meinger (2019), aplicada en el bachillerato y basada en artículos de divulgación.

Las investigaciones sobre los alumnos en cuanto a los problemas y dificultades que presentan para comprender las NCyNT, son aún escasas, por lo que no se tienen instrumentos estandarizados. Se sabe muy poco de las ideas previas y de las representaciones que los alumnos tienen para interpretar la información y actividades relacionadas con NCyNT. En investigaciones elaboradas por Shank, Wise, Stanford y Rosenquist (2009) y Magnana, Brophy y Bryan (2012) se muestra que que los alumnos presentan dificultades de comprensión y relación de los conceptos, las escalas y procesos. En algunos casos estos problemas provienen de otras ideas previas correspondientes a cada una de las disciplinas científicas, pero, además, aparecen otras relacionadas con sus



representaciones a escalas micro y nano y otras que tienen que ver con su traslado de lo macro a lo micro en cuanto a procesos y propiedades de la materia.

Con el propósito de incorporar en los bachilleratos de la UNAM los temas de las nanociencias y nanotecnología (NCyNT) dentro de una propuesta educativa adecuada, elaborada de manera colegiada que permita a los profesores atender las inquietudes de los alumnos sobre este tema, así como su alfabetización científica adecuada y actualizada, se precisa iniciar con un diagnóstico en estudiantes de dicho nivel que nos permita conocer con mayor detalle los problemas particulares que presentan los alumnos sobre este tema. Este diagnóstico se realiza a través de un cuestionario que cubre los siguientes aspectos: a) la comprensión de objetos y procesos que ocurren a escala nanométrica y las leyes que las explican; b) las relaciones e implicaciones de las NCyNT con diversas áreas disciplinarias científicas o tecnológicas y su interés de llevar estos temas a la escuela.

Objetivos

En un estudio exploratorio se pretende identificar, por medio de un cuestionario aplicado a estudiantes del bachillerato (ENCCH), su comprensión sobre: 1) objetos y procesos que ocurren a escala nanométrica y las leyes que las explican, 2) Las percepciones de los alumnos sobre las relaciones e implicaciones de las NCyNT con diversas áreas disciplinarias científicas o tecnológicas, y 3) el interés que tienen para que las NCyNT sean incorporadas en sus actividades escolares.

Metodología

Muestra. La muestra consistió en dos grupos escolares (N=35) del sexto semestre del CCH-Sur. Los alumnos cursaban la materia de Física y, dada las condiciones de la pandemia del COVID-19, la aplicación del cuestionario se llevó a cabo en línea. El profesor de los grupos fue quien presentó el cuestionario, dio las indicaciones y el propósito del cuestionario, a lo cual todos los alumnos dieron su consentimiento.

Cuestionario. El cuestionario se integró por 11 preguntas dos de ordenamiento (1 y 11), una de estimación numérica (2), cuatro abiertas (3, 4, 7 y 10), tres de selección de opciones (5, 6 y 8),



y una semiabierta (9). La primera parte del cuestionario acerca de las dificultades sobre las NCyNT consta de siete preguntas. En la segunda parte se abordan las percepciones de los alumnos y constó de las cuatro preguntas restantes.

Para garantizar la comprensión de las preguntas por los alumnos de ese nivel escolar, previamente se aplicó el cuestionario a un conjunto pequeño de alumnos distintos a los de la muestra, de lo cual se obtuvo el ajuste de varias de las preguntas y la supresión de una de ellas por no lograr ser respondida por ninguno de los alumnos que participaron en la valoración del cuestionario.

Proceso de análisis. Para el análisis de los resultados se elaboró una rúbrica donde se asignan valores a las posibles respuestas a las preguntas de los cuestionarios y garantizar que no haya desviaciones al considerarlas. Los resultados se analizaron con estadística descriptiva

Resultados

El análisis está dividido en dos partes. La primera da cuenta de los elementos y dificultades que se esperarían de inicio, para abordar temas de NCyNT sobre la comprensión y percepción de objetos y procesos que ocurren a escala nanométrica y las leyes que las explican. La segunda, da cuenta de las percepciones e interés que tienen los alumnos sobre las relaciones e implicaciones de las NCyNT con diversas áreas disciplinarias científicas o tecnológicas, y el interés que tienen para que las NCyNT sean incorporadas en sus actividades escolares. Sólo se presentan algunos resultados seleccionados como ejemplos por su claridad en mostrar las condiciones de conocimiento de los alumnos y las dificultades que se tendrían que afrontar para su enseñanza.

Ejemplo sobre los temas de NCyNT:

La pregunta 4 pretende conocer las posibilidades de los alumnos de, a partir de un proceso que se observa en la escala humana como la fricción, establecer hasta qué entidades pequeñas ese proceso puede ser analizado. La pregunta dice así:



4. La fricción entre dos superficies es un proceso que has observado diariamente. Explicarlo implica considerar las fuerzas entre superficies grandes como las suelas de nuestros zapatos con el piso, hasta explicaciones en las partes muy pequeñas de la materia de las superficies entre las que ocurre.

a) Hasta qué tamaño crees que se deba llegar para tener una explicación más completa de la fricción entre materiales. Elabora una explicación de tus ideas:

b) En qué escala crees que caen las partes más pequeñas que permitirían la explicación que has elaborado. Proporciona el nombre de la escala o escribe aproximadamente en potencias de 10 o con decimales el aproximado de la escala que has pensado resuelve la pregunta.

Como pregunta abierta, las respuestas posibles se categorizaron en cuatro opciones de acuerdo a la congruencia que hay entre el modelo físico al que hacen referencia en la parte a de la pregunta y nivel de referencia a las dimensiones requeridas para la explicación a la que hagan alusión en la parte (b) de la pregunta. A la combinación de las dos respuestas se les asignó un valor: Hay fricción entre las partes de cualquier tamaño (1); la fricción ocurre por la interacción entre partículas, gránulos o rugosidades de las superficies en contacto (2); la fricción ocurre por la interacción electromagnética entre moléculas, átomos o superficies en contacto (3); cualquier otra explicación fuera de las tres categorías previas (0). En la figura 1 se muestra la distribución de las categorías

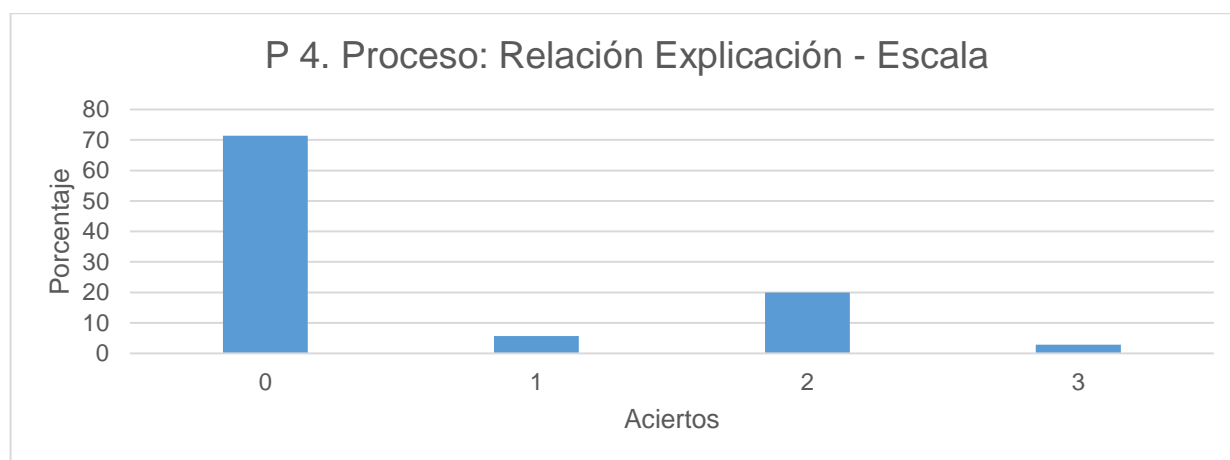




Figura 1. Muestra que sólo el 5.7% (dos alumnos) reconocen el nivel atómico-molecular, 22.85% (siete alumnos) el micrométrico y 2.85% (un alumno) el milimétrico.

La pregunta muestra las dificultades de asociar los modelos a la escala en que son más adecuados. Así que en una estrategia de enseñanza debe abordar tanto tamaños de los objetos como dimensiones en los que ocurren los procesos y el modelo físico explicativo adecuado. Un ejemplo de respuestas de los alumnos que muestra la inconsistencia entre modelo de interacción y escala es:

4a - *La fricción es una fuerza entre dos superficies en contacto que actúa para oponerse al movimiento relativo entre dichas superficies. Actúa paralela o tangente a las superficies. La fuerza de fricción también se le conoce como fuerza de rozamiento y es originada por las irregularidades o asperezas de las superficies, el peso de los cuerpos...*

4b - *En una escala de 0.0002 y 500 micrómetros. (Estudiante 49).*

Ejemplos de respuesta sobre las relaciones e implicaciones que tiene las NCyNT.

La pregunta 9 pretende conocer con cuales áreas de aplicación perciben los alumnos que tienen las NC y NT. Para esto se le presenta una lista de la que tienen que elegir y justificar su elección. La pregunta es:

9. De la siguiente lista, selecciona aquellas que considera tienen una estrecha relación con las nanociencias y nanotecnología. Justifica la selección que hiciste.

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1) Medicina | 2) Análisis y desarrollo de nuevos materiales |
| 3) Estudio de partículas elementales | 4) Bioquímica |
| 5) Desarrollo de Computadoras | 6) Sociología |



7) Ingeniería espacial

8) Ingeniería mecánica

Como pregunta semiabierta clasificar las respuestas resulta ser difícil y amplia, por lo que identifiqué cuáles son las áreas donde se da una justificación razonable. En la figura 2 se muestra el porcentaje de las áreas seleccionadas. Hay que aclarar que la elección del área de sociología se considera inadecuada, ya que no existe tal relación, aunque se puede pensar en las implicaciones sociales de las NCyNT.

En la figura 2 se puede apreciar que son pocos los alumnos (6.1%) que relacionan las siete áreas significativas y, con porcentajes similares diversos tipos de relaciones. Y es significativo el número de alumnos que no responde (más de 40%). Como podrá notarse, los alumnos reconocen relación más estrecha de las NCyNT con medicina y bioquímica, seguido del desarrollo de nuevos materiales y computadoras.

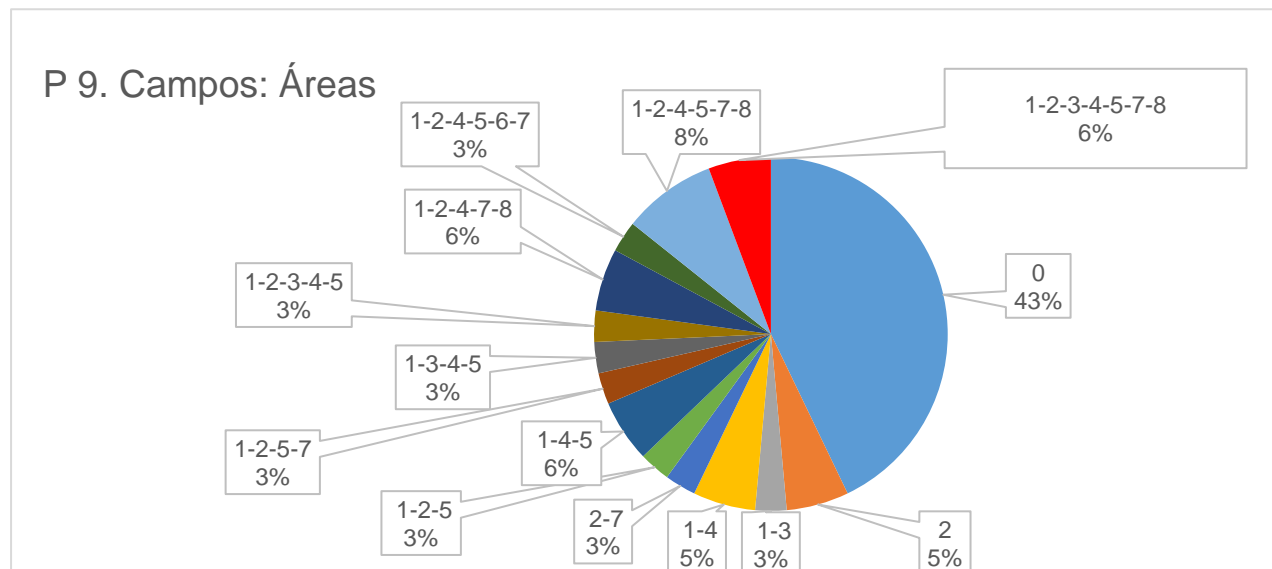


Figura 2. Porcentajes de alumnos que relacionan de una hasta siete áreas de conocimiento con las aplicaciones de las nanociencias. El 0 indica que no hay respuesta.



Las relaciones con las ingenierías son menores y sólo un estudiante establece relación con la sociología. Un ejemplo de justificación expresada por los alumnos corresponde a la medicina es:

Se relacionan porque la nanotecnología en la medicina permite la creación de órganos artificiales y con este tipo de innovaciones tecnológicas se consigue manipular estructuras y propiedades a nanoescala como manejar células, virus o incluso piezas de ADN. (Estudiante 1)

En general se puede decir que la visión de los estudiantes de las NCyNT se relaciona con el desarrollo de nuevos materiales y dispositivos que pueden tener aplicación, impacto y relación con diversas áreas; principalmente en medicina, ciencias de la vida y en el desarrollo de dispositivos tecnológicos. Los resultados de ambas preguntas nos indican que los alumnos son conscientes de que las NCyNT son relevantes para el desarrollo científico y tecnológico.

El interés de los estudiantes de incorporar las NCyNT en la escuela se analiza en la pregunta 11. En ella se proponen ocho acciones posibles en la escuela, a las cuales deben de asignar un número del 1 al 10 de acuerdo a su preferencia siendo 1 el más preferido y el 10 el menos preferido. La pregunta es:

11 En tu plantel hay profesores de ciencias interesados en incorporar el tema de las nanociencias y la tecnología. Numera del 1 al 10 por orden de preferencia las siguientes acciones:

- a) Debería integrarse el tema de nanociencia y nanotecnología en el currículum.
- b) Hacer experimentos sencillos para aprender los principios de las nanociencias y la nanotecnología.
- c) Desarrollar actividades en mi escuela para promover las nanociencias y nanotecnología.



- d) Proporcionar diversas lecturas sobre nanociencias y nanotecnología.
- e) No incorporar este tema de ninguna forma en la escuela.
- f) Solamente dar pláticas o conferencias sobre las nanociencias y nanotecnología.
- g) Enseñaran las aplicaciones prácticas de las nanociencias y nanotecnología.
- h) Enseñar solamente en la universidad.
- i) Estudiar los conocimientos básicos de nanociencia y nanotecnología porque son necesarios para la carrera que deseo estudiar.

Para el análisis de esta pregunta, se clasificaron las opciones en tres categorías: Curricular (C) opciones a, b, d y g que indican el interés de integración de las NCyNT en los planes de estudio, Escolar (E) opciones c y f que indican el interés de integrar las NCyNT en actividades escolares extracurriculares y No curricular (N) opciones e y h que muestran acciones que están fuera del ámbito escolar del bachillerato o no tienen interés para los alumnos a acuerdo al interés de que se incorpora. Para cada alumno se sacó el promedio en cada categoría y se formó un patrón ordenado de las letras de las categorías iniciando por el más preferido al menos, en caso de que dos categorías tengan igual promedio, sus letras se intercala un signo de igual (=). En la figura 3 se muestran los porcentajes de las cadenas o patrones encontrados, en ella se aprecia un alto interés de que se incorpore y con actividades escolares CEN (46%), este patrón contrasta con los alumnos que prefieren que no se vea en la escuela o que si se ve sea en actividades no curriculares NEC (28%).



P 11. Interés. Orden de preferencia

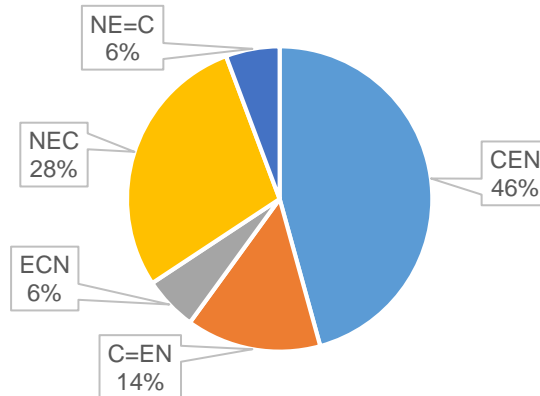


Figura 3. La gráfica a muestra que no hay preferencia por incluir las NCyNT en el currículum, esto es como temas obligatorios, y que prefieren que se incluya de manera complementaria con diversas actividades escolares.

Pese a que los alumnos reconocen la relevancia de las NCyNT, no manifiestan gran entusiasmo porque este tema forme parte del programa curricular, sino como actividades que pueden llevarse en la escuela, pero complementarias como las de divulgación.

Conclusiones

NCyNT son temas importantes en la formación de los jóvenes y cada vez lo serán más y, probablemente en el futuro, formarán parte de los currículos de ciencias. Por ello, es relevante que se lleven a cabo esfuerzos para ir encontrando las mejores formas educativas de hacerlo. Un primer paso indispensable es conocer las ideas o representaciones que los estudiantes tienen sobre estos temas así como los problemas a los que esos esfuerzos de enseñanza se enfrentarán y, que como se muestran en este breve estudio, van desde los problemas de reconocimiento y comprensión de procesos y objetos a escalas pequeñas hasta interés moderado de los alumnos para que este tema sea incorporado a su ámbito escolar.

Referencias bibliográficas



- Blonder, R., & Mamlok-Naaman, R. (2016) Learning about teaching the extracurricular topic of nanotechnology as a vehicle for achieving a sustainable change in science education, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 345–372.
- Greenberg, A. (2009) Integrating Nanoscience into de Classroom: Perspectives on Nanoscience Education Projects, *ACS nano*, 3(4), 762–769
- Jackman, J., Cho, D. J., Lee, J., Ming J., Blesenbacher, F., Bonnell, D. A., Hersam, M. C., Weiss, P. S., & Cho N. J. (2016) Nanotechnology Education for the global world: Training the leaders of tomorrow, *ACS Nano*, 10, 5595–5599.
- Lan, Y. L. (2012) Development of an Attitude Scale to Asses K-12 Teachers' Attitudes toward Nanotechnology, *International Journal of Science Education*, 34(8), 1189–1210.
- Magana, A. J., Brophy, S. P., & Bryan, L. A. (2012). An integrated knowledge framework to characterize and scaffold size and scale cognition (FS2C), *International Journal of Science Education*, 34(14), 1281–2203.
- Meinguer, J. (2019) La comunicación de la nanotecnología del carbono como una herramienta para impulsar el pensamiento crítico en la educación química preuniversitaria, *Mundo Nano*, 12(22), 3–35.
- Rodríguez D. D & Ávila A. G (2011) Experiencias en micro y nano escalas para niños y jóvenes, *Mundo Nano*, 4(2), 121–128.
- Sgouros, G., & Stavrou, D. (2019) Teachers' professional development in nanoscience and nanotechnology in the context of a community learners, *International Journal of Science Education*, 41(15), 2070–2093.
- Shank, P., Wise, A., Stanford, T., & Rosenquist, A. (2009) *Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the nanoscience curriculum*, SRI International,