

## **DEL LABORATORIO AL MERCADO: EXPERIENCIAS DE DIVULGACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA PARA FOMENTAR EL EMPRENDIMIENTO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**

### **FROM LAB TO MARKET: EXPERIENCES OF DISSEMINATION IN NANOTECHNOLOGY TO PROMOTE ENTREPRENEURSHIP IN COLLEGE STUDENTS**

**Javier Gamo-Aranda**

Representante España de NANODYF. Adjunct Professor, Division of Science & Engineering, Saint Louis University-Madrid Campus. Avda. del Valle 34 Madrid 28003. Madrid, España.

(Recibido: Noviembre/2016. Aceptado: Enero/2017)

#### **Resumen**

Aún reconociendo que la Nanociencia y Nanotecnología (NCyNT) “está de moda”, es sabido que la gran mayoría de estudiantes (tanto de bachillerato como universitarios) desconocen las oportunidades que la NCyNT les brinda, de cara a su futuro profesional. Se ha analizado el contexto concreto de Saint Louis University (SLU), en su campus en Madrid (España). Por su peculiaridad de campus multicultural, se ha diseñado una estrategia de divulgación y formación en NCyNT orientada al emprendimiento, que resulte atractiva tanto para estudiantes de carreras científico-técnicas, como para aquellos que cursan ciencias sociales, biosanitarias y de negocios. El presente artículo detalla las líneas de actuación llevadas a cabo desde SLU - Madrid para la divulgación y formación en NCyNT durante el curso académico 2015 – 2016, y se esbozan futuros proyectos divulgativos, en colaboración con otros miembros de la red NANODYF.

**Palabras Clave:** Nanotecnología, Divulgación y Formación Universitaria, Emprendimiento.

#### **Abstract**

While acknowledging that Nanoscience and Nanotechnology (NCyNT) is "fashionable", it is known that the vast majority of students (both high school and university) are unaware of the opportunities that NCyNT provides them towards their

professional future. We analyze the specific context of Saint Louis University (SLU) at its campus in Madrid (Spain). Due to the particular nature as multicultural campus, an enterprise-oriented outreach and training strategy in NCyNT has been designed that is attractive for students of both scientific and technical careers, and for those who attend social, health sciences and business sciences. This article details the lines of action carried out during the academic year 2015-2016 at SLU – Madrid for dissemination and training in NCyNT, and also outlines future outreach projects in collaboration with other members of the NANODYF network.

**Keywords:** Nanotechnology, University Outreach and Training, Entrepreneurship.

## Introducción

La divulgación en Nanociencia y Nanotecnología (NCyNT) es una tarea que se acomete desde distintas perspectivas, con resultados también diversos. Por su propia naturaleza, la NCyNT tiene un marcado carácter multidisciplinar, producto de los desarrollos realizados por físicos, químicos, biólogos, ingenieros y médicos [1]. En este contexto, los métodos de divulgación “tradicionales”, que estaban dirigidos a un área de conocimiento específica, dejan de tener plena validez. En estos momentos, se hace necesario llevar a cabo un nuevo enfoque en la divulgación de la NCyNT, combinando metodologías propias de cada área del saber, de forma que el impacto final de la acción divulgadora sea más efectivo.

El presente trabajo describe las experiencias de divulgación en NCyNT llevadas a cabo en Saint Louis University – Madrid Campus (SLU – Madrid). Fundada en 1818, SLU se encuentra entre las 5 mejores universidades jesuitas de Estados Unidos, y entre las 100 mejores del país [2]. El campus principal se sitúa en la ciudad de Saint Louis, Missouri (Estados Unidos), y alberga unos 14.000 estudiantes anuales. El campus de Madrid fue inaugurado en 1967, y se caracteriza por su **alta multiculturalidad**:

- El 50% de los estudiantes son norteamericanos
- El 20% son españoles
- El 30% restante son estudiantes de hasta 65 nacionalidades diferentes

En relación a las carreras de Ciencias/Ingenierías, en Madrid existen titulaciones compartidas con el campus de Missouri. Los estudiantes realizan los dos o tres primeros años de estudios en Madrid, y posteriormente se trasladan a Missouri para terminar allí su carrera.

Además, cada año asisten alumnos visitantes de otras universidades americanas (en muchos casos acude un profesor visitante con su clase completa, permaneciendo durante un semestre académico).

Este crisol de nacionalidades existente en SLU – Madrid hace que las labores de divulgación deban adaptarse a este amplio ecosistema cultural. Para poder atraer a estudiantes tan diversos en actividades de divulgación sobre NCyNT orientadas al emprendimiento, debemos buscar **enfoques multidisciplinares**, como veremos a continuación.

## Metodología

### 1. Charlas divulgativas en NCyNT para estudiantes universitarios

Durante el pasado curso académico 2015-2016, se han impartido dos charlas divulgativas sobre NCyNT para estudiantes universitarios, con distinto enfoque y público objetivo.

#### a. Nanofotónica: avances recientes y aplicaciones futuras

La primera charla fue impartida el 16 de abril de 2015 por el Dr. Alejandro Martínez, profesor de ingeniería e investigador en el Centro de Tecnología Nanofotónica de la Universidad Politécnica de Valencia (FIGURA 1).



FIGURA 1. Portada de la charla “Nanofotónica: avances recientes y aplicaciones futuras” impartida el 16 de abril de 2015 en SLU – Madrid.

El seminario, de una hora de duración, se impartió durante la clase magistral de la asignatura *Engineering Physics II*, asignatura común entre diversas titulaciones de ingeniería, donde se explican los fundamentos de la Electricidad y el Magnetismo, con mención expresa a la Óptica y la Fotónica en la última parte del curso [3]. El público objetivo fueron, por tanto, estudiantes de 1º y 2º curso de diversas especialidades de ingeniería. El enfoque de la charla estuvo centrado en la nanofotónica, con motivo de la conmemoración del Año Internacional de la Luz declarado por la UNESCO para el año 2015 [4].

b. *Cómo transferir el conocimiento del laboratorio a la industria: nanoestructuras funcionales*

La segunda charla celebrada en SLU – Madrid durante el pasado curso académico, fue impartida el 17 de marzo de 2016 por el Dr. José F. Fernández, profesor investigador del Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV - CSIC) en Madrid (FIGURA 2). En esta ocasión, el público objetivo fueron estudiantes de ingeniería y de administración de empresas. La charla, de una hora de duración, se realizó fuera de los horarios de clase, y estuvo muy orientada a motivar el emprendimiento entre los estudiantes universitarios, tanto de aquellos que estudian carreras científico-técnicas, como entre los que cursan estudios de humanidades y negocios. Para ello, se mostraron varios proyectos desarrollados por el ICV, en colaboración con empresas españolas, que han resultado en productos explotados por dichas empresas, los cuales están protegidos mediante patentes en régimen de cotitularidad.

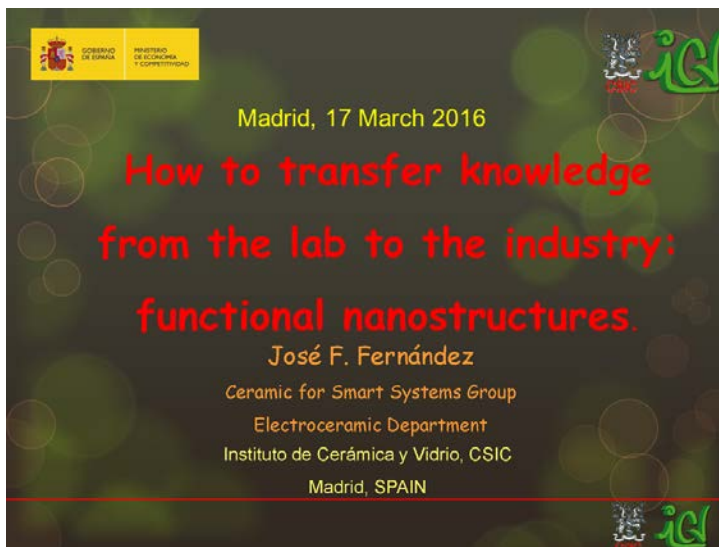


FIGURA 2. Portada de la charla “Cómo transferir el conocimiento del laboratorio a la industria: nanoestructuras funcionales” impartida el 17 de marzo de 2016 en SLU – Madrid.

## 2. Asignatura *PHYS-1930 Nanotechnology: new revolution*

En la primavera de 2016, se impartió por primera vez en SLU – Madrid la asignatura *PHYS-1930 Nanotechnology: new revolution*, a cargo del Dr. Emerson Giovanelli, profesor visitante durante ese semestre en SLU – Madrid [8]. El público objetivo fueron estudiantes de 1º curso de cualquier titulación (ciencias y humanidades). Como indica el temario mostrado en la TABLA 1, si bien se trata de una asignatura de formación reglada, el perfil de la misma tiene un marcado carácter generalista. Muestra de ello es que no se exige ningún requisito previo para poder cursarla, con el fin de ofrecer a estudiantes de cualquier disciplina un primer acercamiento a la NCyNT.

<u>Class Date</u>	<u>Topic</u>		
Jan. 13	Presentation	Mar. 14	Nanophotonics I
Jan. 18	Grasping the Essence of Nanotechnology	Mar. 16	Energy (Fuel Cells) & Energy Consumption
Jan. 20	Going from Lab to Factory Home	Mar. 21	Holiday
Jan. 25	Looking at Ethics and Society	Mar. 23	Holiday
Jan. 27	Big tools to understand the nanoworld (matter and light)	Mar. 28	Correction exercises I
Feb. 01	Spectroscopies: light matters! Part 1 (IR, Raman)	Mar. 30	Review II
Feb. 03	Spectro. Part 2 (UV-vis, Fluor). Electronic microscopies. Part 1	Apr. 04	Personal Health (Lab-on-a-Chip)
Feb. 08	Electronic microscopies. Part 2 (SEM)	Apr. 06	Personal Health (X-Ray and DNA)
Feb. 10	Electronic microscopies. Part 3 (TEM)	Apr. 11	Medical Applications
Feb. 15	Atomic microscopies (AFM, STM)	Apr. 13	Nanotechnology Industries
Feb. 17	Correction exercises I	Apr. 18	Countries Investing in Nanotechnology
Feb. 22	Review I	Apr. 20	Nanotechnology at Universities
Feb. 24	Mid-Term Exam	Apr. 25	Correction exercises III
Feb. 29	Carbon nanomaterials. Part 1 (Graphene, Buckyballs)	Apr. 27	Review III
Mar. 02	Carbon nanomaterials. Part 2 (Carbon nanotubes)	May. 02	Holiday
Mar. 07	Computers (New rhines & memories)	May. 04	Final Exam

**Visit to IMDEA Nanoscience Research Center to be scheduled in April.**

TABLA 1. Temario de la asignatura *PHYS-1930 Nanotechnology: new revolution*

## 3. Otras actividades de SLU – Madrid para alumnos no universitarios

### a. ¿Qué sabes sobre la NANOTECNOLOGÍA? Ven y conoce las aplicaciones del Siglo XXI

Este seminario, de una hora de duración, fue impartido por el autor de este trabajo el 10 de noviembre de 2015 (FIGURA 3), en el marco de la XV Semana de la Ciencia de Madrid [5]. Los asistentes fueron estudiantes de 4º de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), bachillerato y público en general. Dado lo heterogéneo del público objetivo, el enfoque de la charla fue muy generalista, comentándose la relación de la NCyNT con aplicaciones cotidianas como el deporte, la salud, conexiones entre el arte y la “nanotecnología accidental”, entre otros [6].



FIGURA 3. Portada de la charla “¿Qué sabes sobre la NANOTECNOLOGÍA? Ven y conoce las aplicaciones del Siglo XXI” impartida el 10 de noviembre de 2015 en SLU – Madrid.

b. *Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Saint Louis University – Madrid Campus para estudiantes de Bachillerato*

	<b>Project</b> (write the name of the project that you are evaluating.)
<b>Assessing Criteria</b>	<b>Research Question (0-5)</b> (Research question is original, clear, creative, thoughtful, and contributes to knowledge in the area.)
	<b>Information (0-5)</b> (Gather information with clear criteria. Sources are varied, of high quality and pertinent.)
	<b>Analysis (0-5)</b> (Data analysis is clear, thorough, and appropriate to the research.)
	<b>Conclusions (0-5)</b> (Conclusions are logical, related to the question, and supported by argument and evidence.)
	<b>Communication (0-5)</b> (Content is presented clearly, with logical progression of ideas and effective supporting evidence.)
	<b>Documentation (0-5)</b> (Cited all sources of information accurately.)

TABLA 2. *Criterios de evaluación para trabajos presentados al III Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de SLU – Madrid Campus para estudiantes de Bachillerato.*

A pesar de no estar dirigido a estudiantes universitarios, es interesante resaltar esta iniciativa que anualmente lleva a cabo SLU – Madrid, por su posible extensión futura entre nuestra comunidad universitaria.

El Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de SLU – Madrid está dirigido a centros de enseñanza secundaria de toda España [7]. De carácter anual, la

temática del Premio está abierta a cualquier campo de la ciencia o la tecnología, pudiendo presentarse trabajos de carácter teórico o experimental. El tribunal evaluador está formado por profesores de la División de Ciencias e Ingeniería de SLU – Madrid. Cada miembro del tribunal evalúa de forma independiente entre 2 y 3 trabajos, utilizando los criterios de evaluación expuestos en la TABLA 2. Posteriormente, se pondera la evaluación individual otorgada por cada miembro del tribunal, de forma que se obtenga una calificación global de todos los trabajos presentados.

## **Resultados y discusión**

### *1. Charlas divulgativas en NCyNT para estudiantes universitarios*

#### *a. Nanofotónica: avances recientes y aplicaciones futuras*

Este primer seminario sobre NCyNT tuvo una elevada asistencia, no sólo de estudiantes de la asignatura donde se impartió la charla. Los asistentes mostraron un gran interés, a tenor de la alta participación en el turno de preguntas. La charla sirvió además para desmitificar algunas ideas “sensacionalistas”, como la “invisibilidad absoluta” de metamateriales en aplicaciones militares [9], que fueron sugeridas por los estudiantes a raíz de informaciones leídas en medios de comunicación.

#### *b. Cómo transferir el conocimiento del laboratorio a la industria: nanoestructuras funcionales*

Los alumnos de ingeniería mostraron cierto interés en la parte científica de los temas tratados, aunque no tanto en lo concerniente al emprendimiento. Por su parte, los alumnos de administración de empresas apenas mostraron interés por la charla (ni por el contenido científico ni en lo concerniente al emprendimiento), posiblemente debido a que los ejemplos mostrados de colaboración con empresas (fundamentalmente relacionados con el desarrollo de nuevas propiedades en materiales cerámicos), seguramente estaban algo alejados de las inquietudes profesionales de los estudiantes de SLU – Madrid.

### *2. Asignatura PHYS-1930 Nanotechnology: new revolution*

A pesar de que esta asignatura fue ofrecida de forma excepcional durante la primavera de 2016, aprovechando la presencia del profesor visitante Dr. Giovanelli durante dicho semestre, el éxito de la misma ha motivado que vuelva a ofertarse, en formato intensivo, durante el verano de 2017 por el autor de este trabajo, manteniendo el público objetivo y carácter generalista de la primera edición, e innovando en la evaluación del aprendizaje de la misma, como se señala en las Conclusiones de este trabajo.

### 3. Otras actividades de SLU – Madrid para alumnos no universitarios

#### a. ¿Qué sabes sobre la NANOTECNOLOGÍA? Ven y conoce las aplicaciones del Siglo XXI

Los asistentes se mostraron muy activos durante la charla, interrumpiendo constantemente el desarrollo de la misma con numerosas aportaciones y comentarios. Fue muy comentada la sección dedicada a explicar el tamaño del “nano-mundo” en comparación con el macro-mundo, que sigue suscitando gran asombro entre el público en general.

#### b. Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Saint Louis University – Madrid Campus para estudiantes de Bachillerato

Los ganadores del III Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de SLU – Madrid Campus para estudiantes de Bachillerato aparecen en enmarcados en azul en la TABLA 3. Uno de los trabajos mejor valorados en la edición de este año versaba sobre el uso de la Nanotecnología en la lucha contra el cáncer (encontrado en rojo en la TABLA 3), lo que demuestra que la NCyNT es uno de los temas de despierta interés entre los estudiantes de secundaria.

Project	Assessment
Neurology: mysteries of the human brain	12.8
Vivienda sostenible	17.8
Uso de la Tecnología para ayudar a las personas con alergias alimentarias	20.2
Efectividad y usos de los virus oncogénicos	24.1
El sueño	11.5
Agujeros negros: entenderlos para usarlos	18
Nanotecnología en la lucha contra el cáncer	19
Del Cosmos al Caos iónico, un viaje por la biofísica de la memoria	29
Tuneando el scalextric	19.8
El camino más rápido es siempre una línea recta? Estudio del algoritmo de Dijkstra	19
No quiero decir nunca más: "¡Se acaba la batería!" ¿Podría existir un móvil auto recargable?	18
Soñando caminar	20
Publicidad aplicada a los videojuegos	20
Viajando en imanes, soñando en levitación	21
Las huellas informáticas	18.3
BoscoverySat	25.5

TABLA 3. Clasificación de trabajos presentados al III Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de SLU – Madrid Campus para estudiantes de Bachillerato. En azul, aparecen los trabajos galardonados con el primer y segundo premio. En rojo, se muestra uno de los trabajos presentados, que versa sobre NCyNT.

## Conclusiones y líneas futuras

La principal conclusión obtenida de las distintas acciones de divulgación sobre NCyNT realizadas sobre estudiantes universitarios es que **se debe motivar más y mejor**. No basta con mostrar casos sorprendentes tecnológicamente: es necesario utilizar ejemplos de emprendimiento en



NCyNT que sean más cercanos a las áreas de interés profesional de los alumnos.

Asimismo, a tenor de algunos de los comentarios recibidos por parte de compañeros docentes y algunos de los asistentes, parece evidente que el **componente práctico** debe ser parte importante de las acciones, de cara a realizar una divulgación efectiva. Por ello, consideramos que la elaboración de un kit de experimentos, que pueda servir tanto para tareas de divulgación, como de formación en NCyNT, puede ser una herramienta muy útil para los miembros de la red NANODYF.

Como líneas futuras de actuación en la divulgación de NCyNT en el ámbito universitario, se proponen las siguientes:

### 1. Trabajos complementarios sobre NanoCiencia y NanoTecnología

A menudo, es habitual encargar trabajos adicionales a aquellos estudiantes que necesitan “subir nota” en algunas asignaturas. El próximo curso académico se incluirán aspectos sobre NCyNT entre las temáticas de elección para estos trabajos extra. La idea es acostumbrar a los estudiantes a presentar trabajos “serios”, al estilo de las contribuciones científicas.

### 2. Evaluación mediante el modelo TAM de la asignatura PHYS-1930

Para medir la efectividad del aprendizaje de la asignatura *PHYS-1930 Nanotechnology: new revolution*, se pretende utilizar un cuestionario basado en el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) [10]. El TAM está basado en la Teoría de Acción Razonada [11], y trata de predecir la aceptación por parte de los usuarios de un elemento tecnológico dado, utilizando dos conceptos:

- **Utilidad percibida:** grado con el que un individuo cree que, utilizando un sistema particular, aumentará su desempeño laboral.
- **Facilidad de uso percibida:** grado con el que un individuo cree que, usando un sistema particular, se verá liberado de esfuerzo físico y mental.



FIGURA 4. Esquema sintético del Modelo de Aprendizaje Tecnológico (TAM)

### 3. *TEDxSaintLouisUniversityMadrid*

TED es una conocida organización norteamericana, cuyo lema es “Ideas que merece la pena difundir” [12]. Las charlas TED son muy famosas en internet, duran 18 minutos de media, y versan sobre cualquier tema. Las licencias TEDx se conceden de forma individual por parte de TED a organizadores locales en cada país, que cumplen una serie de requisitos. El primer evento TEDxSaintLouisUniversityMadrid, titulado “*Empowering ideas for a higher purpose*”, se realizará en Marzo de 2017 [13], y contará con, al menos, un caso de éxito sobre emprendimiento en NCyNT, desarrollado recientemente en la región de Madrid.

### 4. *Kit de experimentos sobre NCyNT*

En conversaciones mantenidas entre el Coordinador de la red NANODYF y los Representantes Nacionales en España y Colombia de dicha red [14], se ha propuesto la creación de un kit de experimentos sobre NCyNT, que pueda servir en actividades de divulgación o formación a los miembros de la red interesados. Para el diseño de este kit, se pretende recoger experiencias previas similares, dentro y fuera del ámbito de la NCyNT, como son:

- NanoBox (Universidad de los Andes, Colombia) [15].
- “Nanokit” desarrollado dentro del proyecto NanoEduca (Universidad de Barcelona, España) [16].
- Photonics Explorer Kit (Eyest) [17].

A tal efecto, se ha establecido un grupo de trabajo con miembros de NANODYF interesados, que está acometiendo las siguientes tareas:

- Especificaciones de diseño del kit de experimentos de forma colaborativa.
- Estudio de costes de fabricación y distribución.
- Modelo de ejecución y financiación: posibles entidades colaboradoras, ayudas públicas/privadas.

## Referencias

- [1] P. A. Serena, *La Nanotecnología: del laboratorio a las aulas*, SEBBM divulgación: La ciencia al alcance de la mano (2012).
- [2] U.S. News & World Report. [En línea]. Disponible en: <http://colleges.usnews.rankingsandreviews.com/best-colleges/st-louis-university-2506>. (2016).
- [3] F. Prieto, *Engineering Physics II*. Saint Louis University - Madrid Campus. [En línea]. Disponible en: <http://spain.slu.edu/academics/courses/index.php?ID=244>. (2016).

- [4] International Year of Light. [En línea]. Disponible en: <http://www.light2015.org/>. (2015).
- [5] Fundación para el Conocimiento madrid, “XV Semana de la Ciencia de Madrid”. [En línea]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/semanaciencia/2015/>. (2015).
- [6] J. Gamo-Aranda, J. D. Tutor-Sánchez, “Enseñar nanotecnología a través de nuestros antepasados”, MOMENTO Revista de Física, 50, pp. 56 – 67 (2015).
- [7] Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Saint Louis University-Madrid Campus para Estudiantes de Bachillerato. [En línea]. Disponible en: <http://www.slu.edu/madrid/academics/degrees-and-programs/science-and-technology-national-award>. (2016).
- [8] E. Giovanelli, “PHYS-1930 Nanotechnology: New Revolution. Spring 2016 Syllabus”. [En línea]. Disponible en: <http://spain.slu.edu/academics/courses/syllabus/PHYS%201930NNR.pdf> (2016).
- [9] Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica, “Los metamateriales y sus aplicaciones en defensa”, Ministerio de Defensa, Madrid (2011).
- [10] F. D. Davis, “User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts”, Int. J. Man-Machine Studies, Vol. 38, pp. 475 – 487, (1993)
- [11] M. Fishbein, e I. Ajzen, *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research* (Addison-Wesley, 1975).
- [12] TED: Ideas worth spreading. [En línea]. Disponible en: <http://www.ted.com/>. (2016).
- [13] J. Gamo-Aranda, “TEDxSaintLouisUniversityMadrid: Empowering ideas for a higher purpose”. [En línea]. Disponible en: <http://www.ted.com/tedx/events/19321>. (2016).
- [14] NANODYF: Red "José Roberto Leite" de divulgación y formación en Nanotecnología . [En línea]. Disponible en: <http://www.nanodyf.com/>. (2016).
- [15] C. Ruano, Y. Hernández, “NanoBox: un material educativo en nanomateriales que promueve la creatividad científica”, MOMENTO Revista de Física, 51E, pp. 32 – 45, (2016).
- [16] J. Díaz, “NanoEduca”. [En línea]. Disponible en: <http://www.ub.edu/laubdivulga/nanodivulga/nanoeduca.html>. (2016).
- [17] Eyest, “Photonics Explorer”. [En línea]. Disponible en: <http://www.eyest.eu/STEM-Programs/Photonics-Explorer>. (2016).